


ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

PROGETTO ESECUTIVO

| | | |
|--|--|---|
| CONTRAENTE GENERALE:  | <i>Il responsabile del Contraente Generale:</i> Ing. Federico Montanari | <i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i> Ing. Salvatore Lieto |
|--|--|---|

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese
Mandataria:

| | | | |
|--|--|---|--|
|  |  |  |  |
|--|--|---|--|

| | | | |
|---|---|--|---|
| RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'ATI Ing. Antonio Grimaldi GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale |  |  |  |
|---|---|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Giulio Petrizzelli | | |
|--|--|--|

| | |
|--|---|
| 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 Relazione tecnica e di calcolo | SCALA: DATA: <p style="text-align: center;">Maggio 2017</p> |
|--|---|

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------|---------|-----|-------------|----------|----------|------|
| | Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. |
| Codice Elaborato: | L 0 7 0 3 | 2 1 2 | E | 1 7 | O S 0 2 0 0 | R E L | 0 1 | A |

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | Redatto | | Controllato | Approvato |
|------|-------------|--------------------------------|---------|--------|-------------|------------|
| A | Maggio 2017 | Emissione per Validazione RINA | PROGIN | PROGIN | S. LIETO | A.GRIMALDI |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 2 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

I N D I C E

| | |
|---|-----------|
| 1. GENERALITA' | 4 |
| 1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE | 4 |
| 2. UNITA' DI MISURA | 6 |
| 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 6 |
| 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI | 7 |
| 4.1 RESISTENZE DI PROGETTO..... | 7 |
| 4.1.1 Calcestruzzo paramento muri C25/30..... | 7 |
| 4.1.2 Calcestruzzo C32/40..... | 8 |
| 4.1.3 Acciaio di armatura B450C | 8 |
| 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 9 |
| 5.1 CAPACITA' PORTANTE DEI PALI..... | 9 |
| 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA | 12 |
| 7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI | 14 |
| 7.1 VERIFICA SLE | 14 |
| 7.2 VERIFICHE ALLO SLU | 16 |
| 8. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO | 21 |
| 8.1 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08 | 21 |
| 8.2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE..... | 22 |
| 8.2.1 Verifica allo scorrimento | 22 |
| 8.2.2 Verifica a carico limite | 25 |
| 8.2.3 Verifica al Ribaltamento | 27 |
| 8.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE..... | 29 |
| 8.3.1 Richiami teorici ed impostazione delle analisi | 29 |
| 8.3.2 Il metodo di BISHOP | 31 |
| 8.3.3 Prescrizioni del DM 14-01-08..... | 31 |
| 8.3.4 Stabilità di opere di materiali sciolti e fronti di scavo | 31 |
| 8.3.5 Verifiche in fase sismica | 32 |
| 9. ANALISI DEI CARICHI | 34 |
| 9.1 CARICHI FISSI..... | 34 |
| 9.2 SPINTE DEL TERRENO..... | 34 |
| 9.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI..... | 35 |
| 9.4 AZIONI ECCEZIONALI (URTO VEICOLO IN SVIO)..... | 37 |
| 9.5 AZIONI SISMICHE..... | 38 |
| 9.5.1 Forze d'inerzia | 40 |
| 9.5.2 Effetti sismici sulle spinte del terreno | 40 |
| 9.5.3 Effetti dell' Azione sismica sulla falda | 40 |
| 10. COMBINAZIONI DI CALCOLO | 41 |
| 11. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE | 43 |
| 11.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 1 | 43 |
| 11.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 2A | 51 |
| 11.3 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 2B | 62 |
| 11.4 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 3..... | 73 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 3 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

| | |
|--|------------|
| 11.5 VERIFICA LOCALE DEL CORDOLO PER AZIONI D'URTO | 83 |
| ALLEGATO..... | 85 |
| TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 1 | 85 |
| ALLEGATO..... | 140 |
| TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 2A | 140 |
| ALLEGATO..... | 184 |
| TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 2B..... | 184 |
| ALLEGATO..... | 228 |
| TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 3..... | 228 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 4 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

1. GENERALITA'

Nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice Perugia – Ancona “Pedemontana delle Marche”: Sub Lotto 2.2 Tratto Fabriano – Muccia Sfercia, è prevista la realizzazione di muri di destra situati tra Pk 0+730.40 e Pk 0+762.70. Nella presente relazione viene riportato il dimensionamento, le analisi e le verifiche strutturali e geotecniche delle opere.

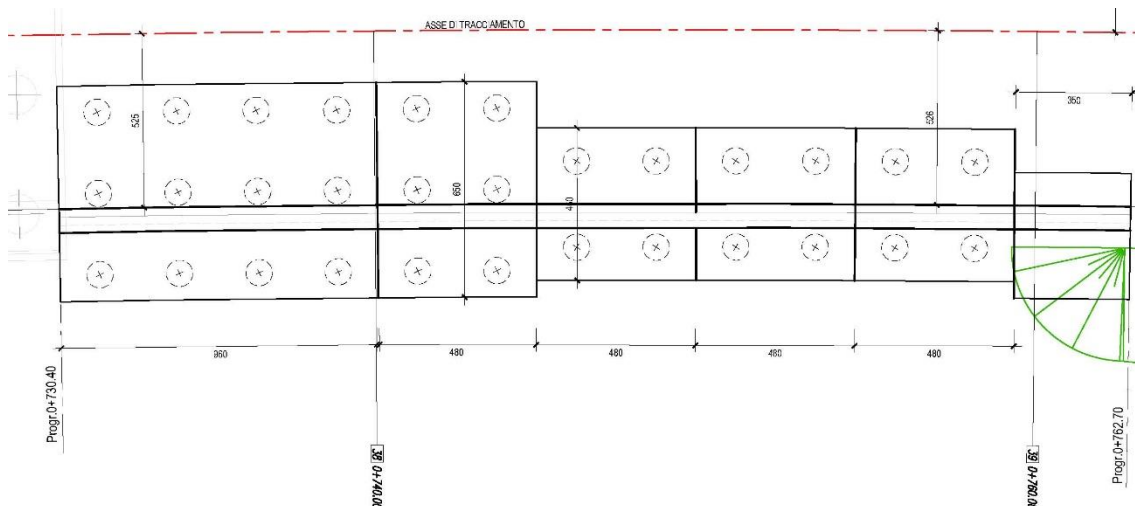
1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nella seguente tabella vengono riassunte le caratteristiche geometriche dei muri in oggetto:

| Lato | Pk. IN (Km) | Pk. FIN (Km) | Descrizione | Denominazione |
|------|-------------|--------------|--|------------------|
| DX | 0+730 | 0+763 | Muro di sostegno con fondazione diretta | Sostegno Tipo 1 |
| | | | Muro di sostegno su 2 file e di pali allineati | Sostegno Tipo 2A |
| | | | Muro di sostegno su 2 file di pali allineati | Sostegno Tipo 2B |
| | | | Muro di sostegno su 2 file di pali allineati | Sostegno Tipo 3 |

| Denominazione | Hmax [m] | Lfond [m] | Sfond. [m] | n° Pali (Allineati) | Lpali [m] |
|-------------------------|----------|-----------|------------|---------------------|-----------|
| Sostegno TIPO 1 | 3.0 | 3.8 | 0.6 | - | - |
| Sostegno TIPO 2A | 4.5 | 4.6 | 1.0 | 2 | 12 |
| Sostegno TIPO 2B | 6.4 | 4.6 | 1.0 | 2 | 14 |
| Sostegno TIPO 3 | 8.8 | 6.5 | 1.3 | 3 | 16 |

Di seguito si riportano a titolo indicativo pianta e profilo dei muri in esame:



Pianta Opere

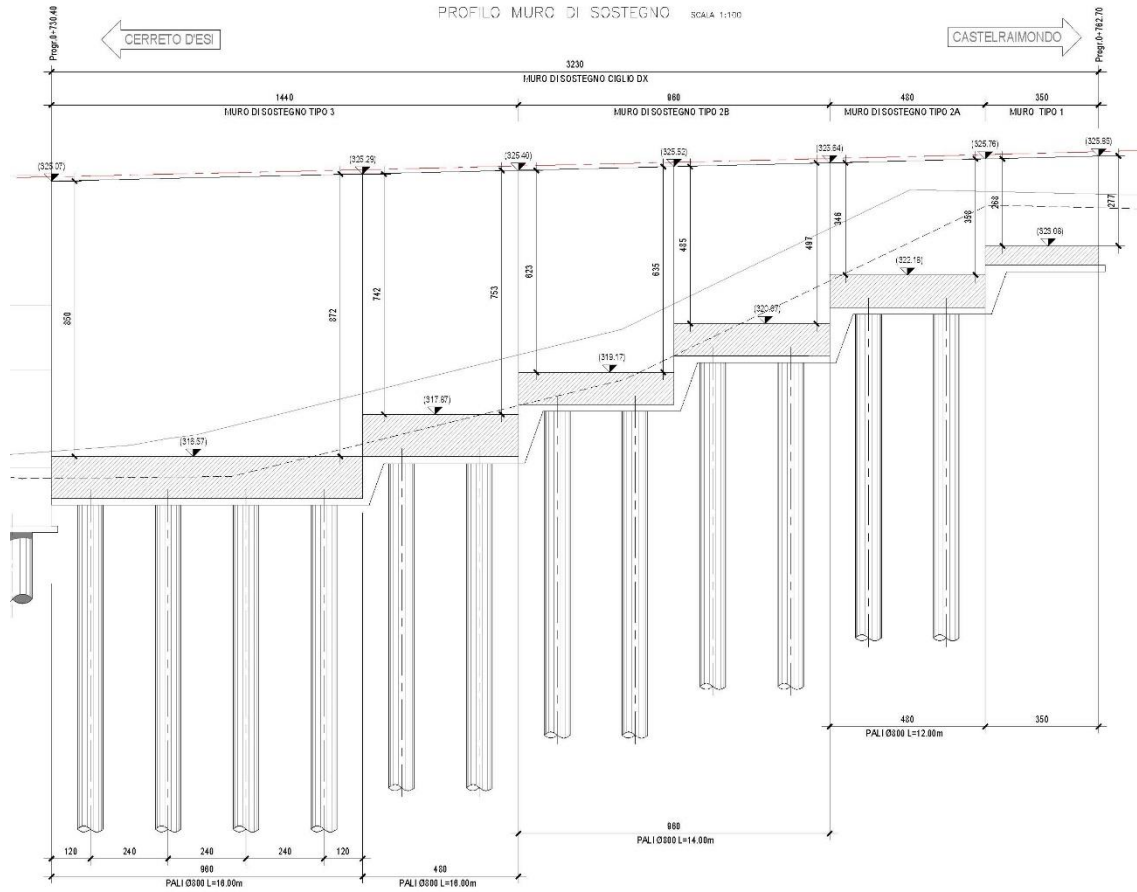
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 5 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|



Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 6 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

2. UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

| | |
|--------------------------|---|
| per le lunghezze | ⇒ m, mm |
| per i carichi | ⇒ kN, kN/m ² , kN/m ³ |
| per le azioni di calcolo | ⇒ kN, kNm |
| per le tensioni | ⇒ MPa |

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del progetto esecutivo si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

- D.M. 14/01/2008.
Norme tecniche per le costruzioni (NTC).
- Circolare del 02/02/2009.
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008.
- UNI EN1993 -1-1.
EUROCODICE 2, parte 1.1. Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN1993 -1-1.
EUROCODICE 3, parte 1.1. Progettazione delle strutture in acciaio. Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN1993 -1-2.
EUROCODICE 3, Parte 2. Progettazione delle strutture in acciaio. Ponti di acciaio.
- UNI EN 1998-1.
EUROCODICE 8, parte 1. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2.
EUROCODICE 8, parte 2. Ponti.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 7 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Per quanto riguarda la qualità e resistenza dei materiali utilizzati per le strutture dell'impalcato si rimanda alla relazione di calcolo specifica. Per la realizzazione delle sottostrutture sono stati previsti i seguenti materiali.

Per i controlli si fa riferimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008

Tabella – Calcestruzzi: classi di resistenza, classi di esposizione e specifiche

| Elemento | Classe | Classe di Esposizione | a/c | Tipi di cementi | Quantitativo di cemento [kg/m ³] | Classi di consistenza |
|--|--------|-----------------------|-----|-----------------|--|-----------------------|
| Calcestruzzo per magrone di fondazione | C12/15 | - | - | CEM III-IV | - | - |
| Calcestruzzo per strutture in Elevazione | C25/30 | XC2 | 0.5 | CEM III-IV | 300 | S4 |
| Calcestruzzo armato fondazione | C32/40 | XA2 | 0.5 | CEM III-IV | 360 | S4 |

Per le barre d'armatura del calcestruzzo si utilizza acciaio ad aderenza migliorata B450C.

4.1 RESISTENZE DI PROGETTO

4.1.1 Calcestruzzo paramento muri C25/30

- $R_{ck} = 30$ MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
- $f_{ck} = 24.9$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.9$ MPa resistenza cilindrica valore medio
- $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56$ MPa resistenza media a trazione semplice (assiale)
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79$ MPa resistenza caratteristica a trazione
- $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447$ MPa modulo elastico
- $\gamma = 25.0$ kN/m³ peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

- $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14.1$ MPa; $\gamma_c = 1.50$ resistenza di progetto a compressione
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$ MPa resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

- $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.9$ MPa tensione limite in comb. caratteristica (rara)
- $\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.2$ MPa tensione limite in comb. quasi permanente
- $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$ MPa tensione limite di fessurazione (trazione)

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 8 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

4.1.2 Calcestruzzo C32/40

- | | |
|--|--|
| • $R_{ck} = 40 \text{ MPa}$ | resistenza caratteristica cubica a 28 giorni |
| • $f_{ck} = 32 \text{ MPa}$ | resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni |
| • $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40 \text{ MPa}$ | resistenza cilindrica valore medio |
| • $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.02 \text{ MPa}$ | resistenza media a trazione semplice (assiale) |
| • $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12 \text{ MPa}$ | resistenza caratteristica a trazione |
| • $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 33346 \text{ MPa}$ | modulo elastico |
| • $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$ | peso per unità di volume |

Resistenze di progetto allo SLU

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.1 \text{ MPa}$; $\gamma_c = 1.50$ | resistenza di progetto a compressione |
| • $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.41 \text{ MPa}$ | resistenza di progetto a trazione |

Resistenze di progetto allo SLE

- | | |
|---|--|
| • $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$ | tensione limite in comb. caratteristica (rara) |
| • $\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$ | tensione limite in comb. quasi permanente |
| • $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.52 \text{ MPa}$ | tensione limite di fessurazione (trazione) |

4.1.3 Acciaio di armatura B450C

- | | |
|------------------------------|--|
| • $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$ | resistenza caratteristica di snervamento |
| • $f_{tk} = 540 \text{ MPa}$ | resistenza caratteristica a rottura |
| • $E_s = 210000 \text{ MPa}$ | modulo elastico |

Resistenza di progetto allo SLU

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$; $\gamma_s = 1.15$ | resistenza di progetto a compressione |
|--|---------------------------------------|

Resistenza di progetto allo SLE

- | | |
|--|-------------------------------|
| • $\sigma_{s,r} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ | tensione limite in comb. rara |
|--|-------------------------------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 9 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------------|

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica specifica per l'opera in esame. Per dettagli si rimanda alla *Relazione Geotecnica Generale*.

La stratigrafia di progetto è indicata nelle tabelle seguenti.

Tabella 1 – Stratigrafia di riferimento

| Unità geotecnica | Profondità [m] da p.c. | |
|------------------|------------------------|---|
| Ala | 5.0 | Depositi alluvionali limoso argillosi |
| Salt | 5.0 | Substrato alterato limoso argilloso |
| Ap/Pa | >10.0 | Substrato arenaceo pelitico / Substrato pelitico arenaceo |

Falda: si assume prossima al piano campagna

I parametri geotecnici considerati per l'opera in esame sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 2 – Parametri geotecnici

| | γ [kN/m ³] | ϕ' [°] | c' [kPa] | E'_{op} [MPa] |
|-------|----------------------------------|----------------|---------------|--------------------|
| Ala | 19.0 | 25 | 2 | 30 |
| Salt | 20.0 | 27 | 20 | 70 |
| Ap/Pa | 23.0 | 31 | 120 | 100 |

γ = peso di volume naturale

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

c' = coesione drenata

E'_{op} = modulo di deformazione elastico operativo

5.1 CAPACITA' PORTANTE DEI PALI

Nella seguente tabella si riportano i parametri principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame.

I parametri di calcolo della portanza dei pali vengono riportati nella seguente tabella, mentre per la metodologia di calcolo si rimanda alla *Relazione Geotecnica Generale*.

Tabella 3 – Parametri per il calcolo della capacità portante dei pali

| Approccio | n. di verticali indagate | ξ_s | γ_s | γ_b | F_{SL} | F_{SB} | D_{palo} [mm] |
|--------------|--------------------------|---------|------------|------------|----------|----------|-----------------|
| 2 (A1+M1+R3) | 2 | 1.65 | 1.15 | 1.35 | 1.9 | 2.2 | 800 |

Nella tabella seguente si riportano i valori della portata di progetto (Q_d) per l'opera in esame; il significato dei termini riportati è il seguente:

- L_p = Lunghezza utile del palo
- Q_{ll} = Portata laterale limite
- Q_{bl} = Portata di base limite
- W_p = Peso efficace del palo
- Q_u = Portata totale limite
- Q_d = Portata di progetto = $Q_{ll}/F_{s,l} + Q_{bl}/F_{s,b} - W_p$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 10 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Tabella – Capacità portante palo D=800 mm

| Lp m | Q11 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00 | 0. | 331. | 0. | 331. | 151. |
| .50 | 11. | 427. | 1. | 437. | 199. |
| 1.00 | 26. | 522. | 3. | 546. | 249. |
| 1.50 | 45. | 618. | 4. | 659. | 300. |
| 2.00 | 66. | 713. | 5. | 775. | 354. |
| 2.50 | 92. | 718. | 6. | 804. | 368. |
| 3.00 | 120. | 723. | 8. | 836. | 385. |
| 3.50 | 152. | 728. | 9. | 872. | 402. |
| 4.00 | 188. | 733. | 10. | 911. | 422. |
| 4.50 | 227. | 738. | 11. | 954. | 444. |
| 5.00 | 270. | 743. | 13. | 1000. | 467. |
| 5.50 | 316. | 748. | 14. | 1050. | 492. |
| 6.00 | 365. | 753. | 15. | 1103. | 519. |
| 6.50 | 435. | 759. | 16. | 1177. | 557. |
| 7.00 | 606. | 1009. | 18. | 1598. | 760. |
| 7.50 | 795. | 1259. | 19. | 2035. | 972. |
| 8.00 | 983. | 1510. | 20. | 2473. | 1184. |
| 8.50 | 1172. | 1760. | 21. | 2911. | 1395. |
| 9.00 | 1360. | 2011. | 23. | 3348. | 1607. |
| 9.50 | 1549. | 2011. | 24. | 3536. | 1705. |
| 10.00 | 1737. | 2011. | 25. | 3723. | 1803. |
| 10.50 | 1926. | 2011. | 26. | 3910. | 1901. |
| 11.00 | 2114. | 2011. | 28. | 4097. | 1999. |
| 11.50 | 2303. | 2011. | 29. | 4284. | 2097. |
| 12.00 | 2491. | 2011. | 30. | 4472. | 2195. |
| 12.50 | 2680. | 2011. | 31. | 4659. | 2293. |
| 13.00 | 2868. | 2011. | 33. | 4846. | 2391. |
| 13.50 | 3060. | 2011. | 34. | 5037. | 2490. |
| 14.00 | 3270. | 2111. | 35. | 5346. | 2646. |
| 14.50 | 3484. | 2212. | 36. | 5659. | 2803. |
| 15.00 | 3698. | 2312. | 38. | 5972. | 2959. |
| 15.50 | 3911. | 2413. | 39. | 6285. | 3116. |
| 16.00 | 4125. | 2513. | 40. | 6598. | 3273. |
| 16.50 | 4339. | 2513. | 41. | 6810. | 3384. |
| 17.00 | 4552. | 2513. | 43. | 7023. | 3496. |
| 17.50 | 4766. | 2513. | 44. | 7235. | 3607. |
| 18.00 | 4979. | 2513. | 45. | 7447. | 3718. |
| 18.50 | 5193. | 2513. | 46. | 7660. | 3829. |
| 19.00 | 5407. | 2513. | 48. | 7872. | 3940. |
| 19.50 | 5620. | 2513. | 49. | 8085. | 4051. |
| 20.00 | 5834. | 2513. | 50. | 8297. | 4163. |
| 20.50 | 6048. | 2513. | 52. | 8509. | 4274. |
| 21.00 | 6261. | 2513. | 53. | 8722. | 4385. |
| 21.50 | 6475. | 2513. | 54. | 8934. | 4496. |
| 22.00 | 6688. | 2513. | 55. | 9146. | 4607. |
| 22.50 | 6902. | 2513. | 57. | 9359. | 4719. |
| 23.00 | 7116. | 2513. | 58. | 9571. | 4830. |
| 23.50 | 7329. | 2513. | 59. | 9784. | 4941. |
| 24.00 | 7543. | 2513. | 60. | 9996. | 5052. |
| 24.50 | 7757. | 2513. | 62. | 10208. | 5163. |
| 25.00 | 7970. | 2513. | 63. | 10421. | 5274. |
| 25.50 | 8184. | 2513. | 64. | 10633. | 5386. |
| 26.00 | 8397. | 2513. | 65. | 10845. | 5497. |
| 26.50 | 8611. | 2513. | 67. | 11058. | 5608. |
| 27.00 | 8825. | 2513. | 68. | 11270. | 5719. |
| 27.50 | 9038. | 2513. | 69. | 11482. | 5830. |
| 28.00 | 9252. | 2513. | 70. | 11695. | 5941. |
| 28.50 | 9466. | 2513. | 72. | 11907. | 6053. |

Tabella – Capacità portante a trazione palo D=800 mm

| Lp m | Q11 kN | Qb1 kN | Wp kN | Qu kN | Qd kN |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| .00 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| .50 | 11. | 0. | -4. | 15. | 9. |
| 1.00 | 26. | 0. | -8. | 34. | 20. |
| 1.50 | 45. | 0. | -11. | 56. | 33. |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 11 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | |
|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| 2.00 | 66. | 0. | -15. | 81. | 47. |
| 2.50 | 92. | 0. | -19. | 110. | 63. |
| 3.00 | 120. | 0. | -23. | 143. | 81. |
| 3.50 | 152. | 0. | -26. | 179. | 100. |
| 4.00 | 188. | 0. | -30. | 218. | 121. |
| 4.50 | 227. | 0. | -34. | 261. | 144. |
| 5.00 | 270. | 0. | -38. | 307. | 169. |
| 5.50 | 316. | 0. | -41. | 357. | 195. |
| 6.00 | 365. | 0. | -45. | 410. | 222. |
| 6.50 | 435. | 0. | -49. | 484. | 260. |
| 7.00 | 606. | 0. | -53. | 659. | 347. |
| 7.50 | 795. | 0. | -57. | 851. | 442. |
| 8.00 | 983. | 0. | -60. | 1044. | 538. |
| 8.50 | 1172. | 0. | -64. | 1236. | 633. |
| 9.00 | 1360. | 0. | -68. | 1428. | 728. |
| 9.50 | 1549. | 0. | -72. | 1620. | 823. |
| 10.00 | 1737. | 0. | -75. | 1813. | 919. |
| 10.50 | 1926. | 0. | -79. | 2005. | 1014. |
| 11.00 | 2114. | 0. | -83. | 2197. | 1109. |
| 11.50 | 2303. | 0. | -87. | 2389. | 1205. |
| 12.00 | 2491. | 0. | -90. | 2582. | 1300. |
| 12.50 | 2680. | 0. | -94. | 2774. | 1395. |
| 13.00 | 2868. | 0. | -98. | 2966. | 1490. |
| 13.50 | 3060. | 0. | -102. | 3162. | 1587. |
| 14.00 | 3270. | 0. | -106. | 3376. | 1693. |
| 14.50 | 3484. | 0. | -109. | 3593. | 1801. |
| 15.00 | 3698. | 0. | -113. | 3811. | 1908. |
| 15.50 | 3911. | 0. | -117. | 4028. | 2016. |
| 16.00 | 4125. | 0. | -121. | 4246. | 2123. |
| 16.50 | 4339. | 0. | -124. | 4463. | 2230. |
| 17.00 | 4552. | 0. | -128. | 4680. | 2338. |
| 17.50 | 4766. | 0. | -132. | 4898. | 2445. |
| 18.00 | 4979. | 0. | -136. | 5115. | 2553. |
| 18.50 | 5193. | 0. | -139. | 5333. | 2660. |
| 19.00 | 5407. | 0. | -143. | 5550. | 2768. |
| 19.50 | 5620. | 0. | -147. | 5767. | 2875. |
| 20.00 | 5834. | 0. | -151. | 5985. | 2983. |
| 20.50 | 6048. | 0. | -155. | 6202. | 3090. |
| 21.00 | 6261. | 0. | -158. | 6419. | 3198. |
| 21.50 | 6475. | 0. | -162. | 6637. | 3305. |
| 22.00 | 6688. | 0. | -166. | 6854. | 3413. |
| 22.50 | 6902. | 0. | -170. | 7072. | 3520. |
| 23.00 | 7116. | 0. | -173. | 7289. | 3628. |
| 23.50 | 7329. | 0. | -177. | 7506. | 3735. |
| 24.00 | 7543. | 0. | -181. | 7724. | 3843. |
| 24.50 | 7757. | 0. | -185. | 7941. | 3950. |
| 25.00 | 7970. | 0. | -188. | 8159. | 4058. |
| 25.50 | 8184. | 0. | -192. | 8376. | 4165. |
| 26.00 | 8397. | 0. | -196. | 8593. | 4272. |
| 26.50 | 8611. | 0. | -200. | 8811. | 4380. |
| 27.00 | 8825. | 0. | -204. | 9028. | 4487. |
| 27.50 | 9038. | 0. | -207. | 9246. | 4595. |
| 28.00 | 9252. | 0. | -211. | 9463. | 4702. |
| 28.50 | 9466. | 0. | -215. | 9680. | 4810. |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 12 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale V_N pari a 50 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ("Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.") ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$.

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

- Vita nominale V_N = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso C_U = 1.5;
- Periodo di riferimento V_R = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$ = 712 anni;
- Comune = Fabriano;
- $a_{g,SLV}$ = **0.206 g**;
- $F_{0,SLV}$ = **2.526**;
- $T_{c,SLV}^*$ = **0.331 sec.**

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 13 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T^*c) per comune di riferimento - Fabriano

| V_R [anni] | Stato Limite | PV_R - | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_c^* [s] |
|-----------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 75 | SLO | 81% | 45 | 0.073 | 2.450 | 0.286 |
| | SLD | 63% | 75 | 0.090 | 2.454 | 0.297 |
| | SLV | 10% | 712 | 0.206 | 2.526 | 0.331 |
| | SLC | 5% | 1462 | 0.262 | 2.555 | 0.339 |

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è infine costruito a partire dai parametri seguenti.

- Categoria di suolo = B;
- Categoria topografica = T1;
- S_s , fattore stratigrafico = 1.19;
- S_{T_r} , fattore topografico = 1.0;
- C_c , fattore correttivo del periodo TC^* = 1.5.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 14 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

7.1 VERIFICA SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle Combinazioni di Calcolo allo SLE, il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure nel calcestruzzo attesa, secondo quanto di seguito specificato:

7.1.1 Verifiche delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, quelli di seguito indicati, in accordo alle prescrizioni della normativa vigente:

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO C32/40

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,45 f_{\text{ck}}) = \mathbf{14.94} \text{ MPa} \quad \text{(Combinazione di Carico Quasi Permanente)}$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,60 f_{\text{ck}}) = \mathbf{19.92} \text{ MPa} \quad \text{(Combinazione di Carico Caratteristica - Rara)}$$

CALCESTRUZZO C25/30

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,45 f_{\text{ck}}) = \mathbf{11.21} \text{ MPa} \quad \text{(Combinazione di Carico Quasi Permanente)}$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,60 f_{\text{ck}}) = \mathbf{14.94} \text{ MPa} \quad \text{(Combinazione di Carico Caratteristica - Rara)}$$

ACCIAIO

$$\sigma_{\text{fmax}} = (0,80 f_{\text{yk}}) = \mathbf{360} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica (Rara)}$$

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 15 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

7.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

| Gruppi di esigenza | Condizioni ambientali | Combinazione di azione | Armatura | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
| | | | Sensibile | | Poco sensibile | |
| | | | Stato limite | wd | Stato limite | wd |
| a | Ordinarie | frequente | ap. fessure | $\leq w_2$ | ap. fessure | $\leq w_3$ |
| | | quasi permanente | ap. fessure | $\leq w_1$ | ap. fessure | $\leq w_2$ |
| b | Aggressive | frequente | ap. fessure | $\leq w_1$ | ap. fessure | $\leq w_2$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |
| c | Molto Aggressive | frequente | formazione fessure | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |

Risultando in particolare: :

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Nel caso in esame si ha:

- Per le strutture di fondazione:

Condizioni Ambientali : aggressive

Armature : Poco Sensibili

- Per le strutture in elevazione:

Condizioni Ambientali : Ordinarie

Armature : Poco Sensibili

Conseguentemente dovrà risultare:

Combinazione Quasi permanente : $w \leq 0.3 \text{ mm}$

Combinazione Frequente : $w \leq 0.4 \text{ mm}$

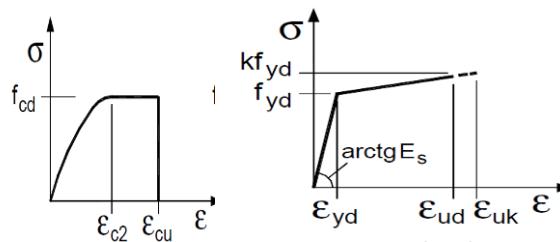
| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 16 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Riguardo infine il valore di calcolo dell'ampiezza delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto " C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.617/09.

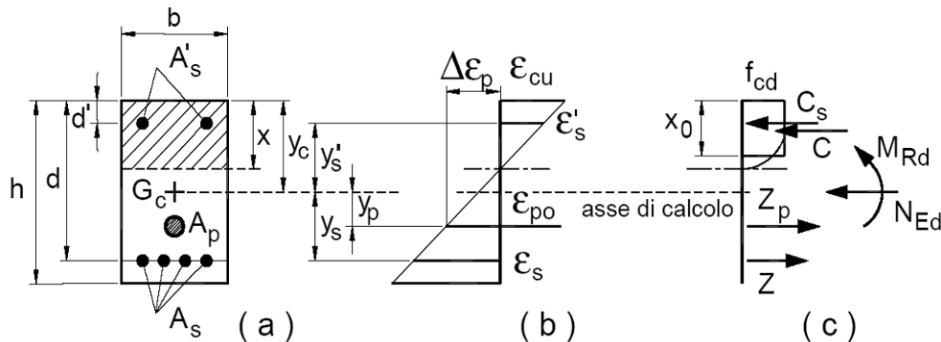
7.2 VERIFICHE ALLO SLU

7.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 17 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 18 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

7.2.2 Taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- b_w = 1000 mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd}

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

Essendo:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC08, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

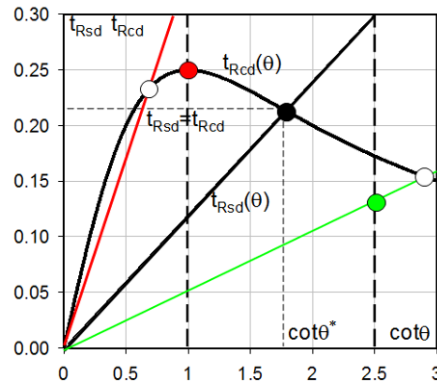
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 19 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato :

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

| | | | |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| α_c | coefficiente maggiorativo pari a | 1 | per membrature non compresse |
| | | $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$ | per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 f_{cd}$ |
| | | 1,25 | per $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$ |
| | | $2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$ | per $0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$ |

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

- Se la $\cot \theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot \theta^*$ è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot \theta = 2,5$.
- Se la $\cot \theta^*$ è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot \theta = 1,0$.



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 20 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 21 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

8. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO

8.1 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili, devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 - **Combinazione 2: (A2+M2+R2)**

Le rimanenti verifiche devono essere invece effettuate secondo uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e della Tabelle 6.5.I e 6.8.I per ciò che concerne i coefficienti parziali sulle resistenze che di seguito si riportano per maggiore chiarezza.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

| CARICHI | EFFETTO | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|---|-------------|--|-----|----------|----------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | Favorevole | γ_{G2} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 22 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE | (M1) | (M2) |
|---|---|--------------------------------|------|------|
| <i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i> | $\tan \phi'_k$ | γ_M $\gamma_{\phi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| <i>Coesione efficace</i> | c'_k | γ_c | 1,0 | 1,25 |
| <i>Resistenza non drenata</i> | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| <i>Peso dell'unità di volume</i> | γ | γ_r | 1,0 | 1,0 |

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_k per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

| VERIFICA | COEFFICIENTE PARZIALE (R1) | COEFFICIENTE PARZIALE (R2) | COEFFICIENTE PARZIALE (R3) |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,0$ | $\gamma_R = 1,0$ | $\gamma_R = 1,4$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,0$ | $\gamma_R = 1,0$ | $\gamma_R = 1,1$ |
| Resistenza del terreno a valle | $\gamma_R = 1,0$ | $\gamma_R = 1,0$ | $\gamma_R = 1,4$ |

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

| Coefficiente | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1.1 |

Nel caso in esame si è fatto riferimento all'approccio di Verifica 1.

Le verifiche in condizioni sismiche vanno infine effettuati con gli stessi criteri di cui sopra, ponendo pari dell'unità i coefficienti parziali sulle Azioni ($A1=1$ / $A2=1$), in accordo a quanto specificato al punto 7.11.1 del DM 14.01.08

8.2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE

Nei riguardi della stabilità Locale dei muri di sostegno, la normativa prevede di valutare le condizioni generali di equilibrio nei confronti dei meccanismi di scorrimento, ribaltamento e carico limite secondo quanto espoto ai paragrafi seguenti

8.2.1 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s stabilito dalla Normativa Vigente, ovvero

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 23 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Le forze che intervengono nella **F_s** sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta **N** la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con **δ_f** l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con **c_a** l'adesione terreno-fondazione e con **Br** la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro.

In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, **δ_f**, diversi autori suggeriscono di assumere un valore di **δ_f** pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

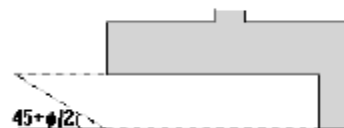
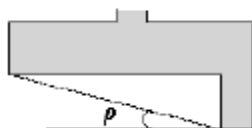
Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Per i casi del muro denominato tipo 1 (S), si è invece tenuto conto della presenza del dente previsto in fondazione nei riguardi della valutazione del meccanismo di scorrimento.

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppata lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo **ρ** (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo volto a determinare il coefficiente di sicurezza a scorrimento minimo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta **N** la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, **Q** l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, **Sp** la resistenza passiva, **Lc** l'ampiezza del cuneo e indicando con **δ_f** l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con **c_a** l'adesione terreno-fondazione e con **Br** la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = (N - Q) \cdot \operatorname{tg}(\delta_f) + Sp + c_a \cdot L_r$$

con $L_r = B_r - L_c$





QUADRILATERO
Merche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 24 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 25 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

8.2.2 Verifica a carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a ηq_u . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta q_u$$

Essendo $\eta q_u >= 1.0$ e comunque stabilito dalla normativa vigente.

Per le valutazioni del valore unitario del carico limite, q_u , è possibile ricorrere alle espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante, che si differenziano a seconda se si è in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui:

d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità;

s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma;

i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico;

b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;

g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \text{tg} \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{tg} \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \text{tg} \phi$$

Risulta inoltre:

Fattori di forma

$$s_c = 0.2 B/L \quad \text{per } \phi=0$$

$$s_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L) \quad \text{per } \phi>0$$

$$s_q = 1 + (B/L) \text{tg} \phi$$

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 26 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

$$s_\gamma = 1 - 0.4 B/L$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come:

$$k = D/B \quad \text{se } D/B \leq 1$$

$$k = \arctg(D/B) \quad \text{se } D/B > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come:

$$d_c = 0.4k \quad \text{per } \phi=0$$

$$d_c = 1 + 0.4k \quad \text{per } \phi>0$$

$$d_q = 1 + 2\text{tg}\phi(1 - \sin\phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \cdot L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B , L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$i_c = 0.5 [1 - \sqrt{1 - H / (A_f c_a)}] \quad \text{per } \phi = 0$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_q = [1 - (0.5 H) / (V + A_f c_a \text{tg}\phi)]^5$$

$$i_\gamma = [1 - (0.7 H) / (V + A_f c_a \text{tg}\phi)]^5 \quad \text{per } \eta = 0$$

$$i_\gamma = [1 - [(0.7 - \eta^\circ / 45^\circ) H] / (V + A_f c_a \text{tg}\phi)]^5 \quad \text{per } \eta > 0$$

c_a : adesione alla base delle fondazione

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$b_c = \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi=0$$

$$b_c = 1 - \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi>0$$

$$b_q = e^{-2\eta \text{tg}\phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \text{tg}\phi}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 27 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$g_c = \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$g_c = 1 - \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$g_a = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^\delta$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg} \delta + A r c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_a, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

8.2.3 Verifica al Ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r stabilito dalla normativa vigente.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 28 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 29 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

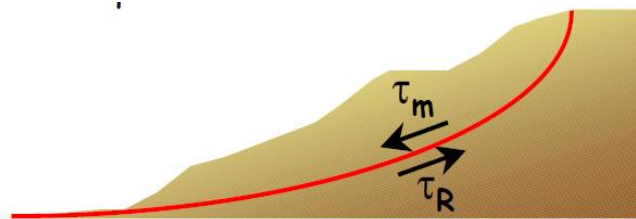
8.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Nel presente paragrafo sono illustrati i criteri generali seguiti per l'effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale del complesso opera di sostegno-terrapieno.

8.3.1 Richiami teorici ed impostazione delle analisi

Per la analisi di stabilità globale presentate nel presente documento, si è fatto riferimento ai metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgestern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b , interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

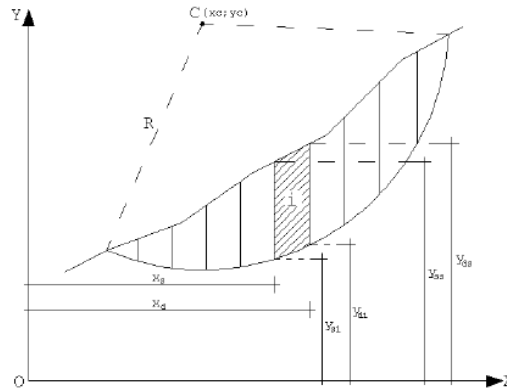
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

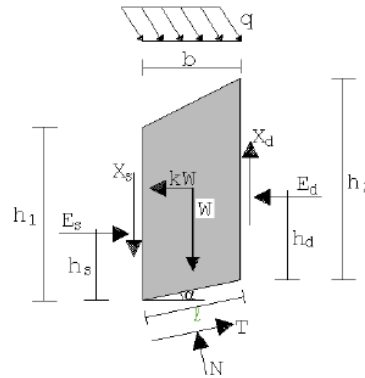
Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 30 di 278 |



Il sistema di riferimento assunto è riportato in figura.



Per le valutazioni espone nel presente documento, si è fatto riferimento al metodo di Bishop, di cui al successivo paragrafo sono riportati alcuni richiami teorici.

La valutazione dei coefficienti di sicurezza, come evidenziato dai risultati delle analisi espone nel seguito, è stata effettuata in particolare rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare l'opera .

Si specifica infine che per il caso dei muri fondati su pali, tale verifica viene omessa in quanto non significativa.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 31 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

8.3.2 Il metodo di BISHOP

Il coefficiente di sicurezza nei riguardi della Stabilità Globale del complesso opera-terreno si esprime secondo il metodo di Bishop, mediante la relazione:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove n è il numero delle strisce considerate, bi ed ai sono la larghezza e l'inclinazione della basedella striscia i-esima rispetto all'orizzontale, Wi è il peso della striscia i-esima e ci e φi sono lecaratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m cheè funzione di η.

Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valoreiniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincidecon il valore assunto.

8.3.3 Prescrizioni del DM 14-01-08

Il DM 14.01.08 affronta il tema della Stabilità Globale distinguendo il caso dei Pendii Naturali da quello delle opere in terra in materiali sciolti e fronti di scavo, fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, , si è ritenuto di dover adottare, nelle verifiche nel seguito esposte, i criteri suggeriti dalla norma per il caso dei "Fronti di Scavo e rilevati"; nel seguito si riportano dunque, per maggiore chiarezza espositiva, le specifiche normative a riguardo, ed a seguire, i risultati delle verifiche effettuate con riferimento a diversi casi di calcolo di paratie di sostegno esaminati ai paragrafi precedenti.

8.3.4 Stabilita di opere di materiali sciolti e fronti di scavo

Il punto 6.8 delle NTC e relativa circolare applicativa, tratta l'argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 "Verifiche di Sicurezza (SLU)" viene prescritto quanto di seguito:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 32 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

| CARICHI | EFFETTO | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|---|-------------|---|-----|-------------|-------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | Favorevole | γ_{G2} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano completamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE γ_M | (M1) | (M2) |
|---|---|--|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ | γ_r | 1,0 | 1,0 |

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

| Coefficiente | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1.1 |

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali M2, risultando pertanto

$$c'_d = c' / 1.25;$$

$$\varphi'_d = \arctan (1 / 1.25 \cdot \tan \varphi').$$

Il coefficiente di sicurezza F_s minimo da garantire in questo caso è pari ad 1.1 (γ_R).

8.3.5 Verifiche in fase sismica

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 33 di 278 |

e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \text{ (azione sismica orizzontale)}$$

$$F_v = k_v \times W \text{ (azione sismica verticale)}$$

Per quanto riguarda invece il caso dei **Fronti di Scavo e Rilevati**, di riferimento per le analisi esposte nel presente documento, al punto 7.11.4 "Fronti di Scavo e Rilevati", si specifica che Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali. Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando i coefficienti parziali di cui al § 7.11.1.

Riguardo i valori dei coefficienti sismici k_h e k_v , si ritiene in questo caso di dover adottare i valori già definiti in precedenza nell'ambito del paragrafo 7.1.2 dedicato alla valutazione degli effetti sismici per il dimensionamento delle paratie, trattandosi in questo caso di una verifica di stabilità di un fronte di scavo sostenuto da un'opera di sostegno, che pertanto condizione la risposta sismica locale del volume di terreno immediatamente a monte della stessa.

7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, definita al Cap. 3, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

La circolare applicativa n°617 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2: $(A_2 + M_2 + R_2)$, utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali A_2 come specificato al § 7.11.1.

In definitiva, per il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, anche in fase sismica, il coefficiente di sicurezza minimo prescritto dalla Normativa è pari a $R_2 = 1.1$ (γ_R).

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 34 di 278 |

9. ANALISI DEI CARICHI

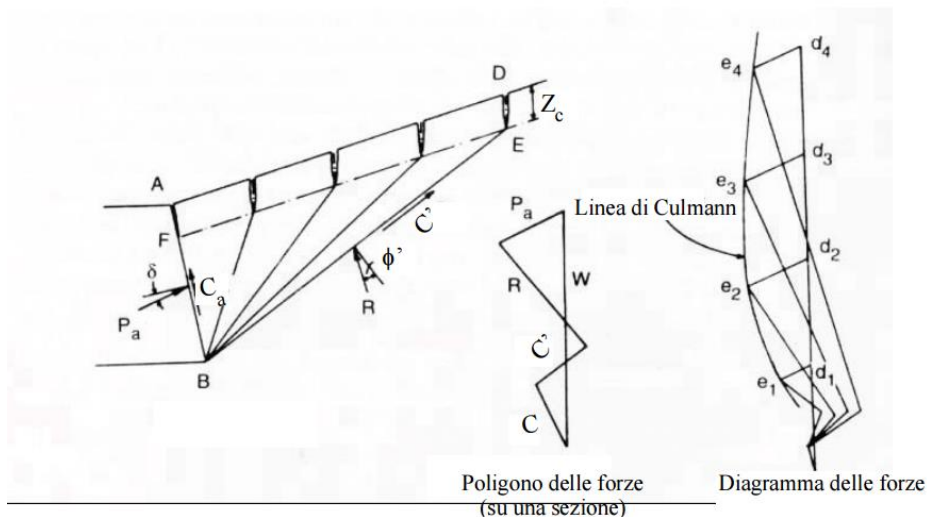
9.1 CARICHI FISSI

Per carichi fissi si intendono le azioni associate ai pesi propri del muro e del terrapieno spingente, valutati in automatico dal Software di calcolo utilizzato.

A tal riguardo, al calcestruzzo strutturale costituente il muro è stato assegnato un peso dell'unità di Volume $\gamma=25 \text{ KN/m}^3$, mentre per il terreno si è assunto $\gamma=20 \text{ KN/m}^3$

9.2 SPINTE DEL TERRENO

Per la valutazione delle spinte del terreno in fase statica, si è fatto riferimento al metodo di Culmann, che ben si adatta a superfici di pendio a monte dell'opera di forma generica.



Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione θ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 35 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C') e resistenza per coesione lungo la parete (C_A);

- dal poligono di equilibrio si ricava quindi il valore della spinta S sulla parete (P_a).

+

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano quindi derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Analogamente, nota la Spinta complessiva S , è possibile ricavare eventualmente in maniera indiretta, il valore del coefficiente di spinta K_a della nota espressione di Coulomb:

$$S = 1/2 \times \gamma \times H^2 \times K_a$$

Si precisa infine che per la valutazione delle spinte al terreno di rilevato sono state assegnati i seguenti parametri fisico –meccanici:

$$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

$$c' = 0$$

$$\phi' = 35$$

$$\delta = 0.5\phi' \text{ (attrito terra muro)}$$

9.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

Per la determinazione dei carichi accidentali da applicare sul terrapieno a monte delle opere di sostegno sulla zona destinata al traffico veicolare, si è fatto riferimento agli schemi di carico stabilità al punto 5.1.3.3.3 del DM 14/01/08 di cui nel seguito:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N,prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 36 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|

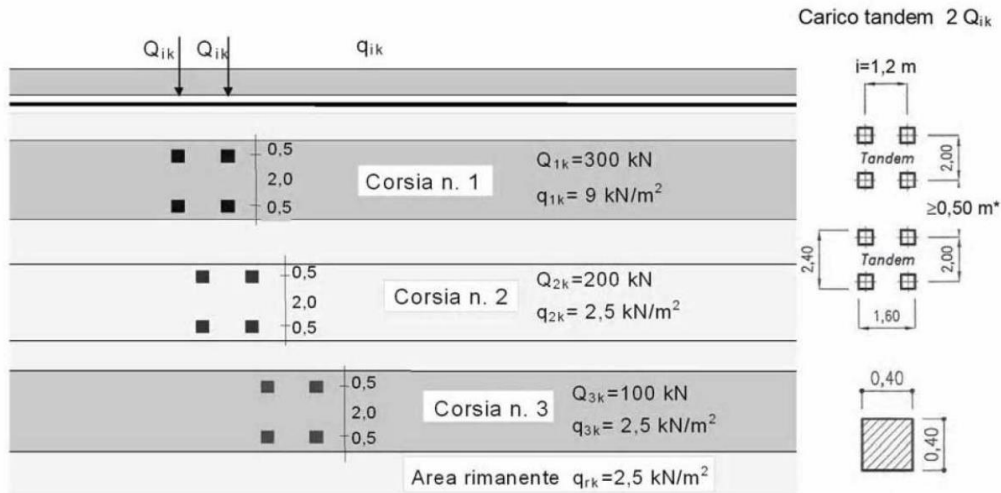


Figura 1 – Schema di carico 1

Lo schema di carico di Normativa, è in particolare costituito dalle seguenti colonne di carico:

- una colonna di carichi (ingombro = 3 m) costituita da un automezzo convenzionale Q_{1k} di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m; un carico ripartito q_{1k} di 9 kN/m² uniformemente distribuito;
- una seconda colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN di Q_{1k} e 2.5 kN/m² di q_{1k} e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- una terza colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di Q_{1k} e 2.5 kN/m² di q_{1k} e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- un carico uniforme $q_{rk} = 2.5$ kN/m² nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

Ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati Q_{ik} , in un carichi distribuiti equivalenti,

tenendo conto tuttavia dell'effetto collaborazione dei muri in direzione longitudinale, in relazione a cui si è ipotizzato che detti carichi vadano ad interessare uno sviluppo complessivo longitudinale di muro di circa 5m, corrispondente, nel caso fondazioni su pali, alla lunghezza di un tratto tipo comprendente la singola fila di pali e le due adiacenti.

In questa ipotesi risulta dunque:

$$Q_{1k\ d} = 600 / 2.40 \times 5.00 = 50 \text{ kN/m}^2$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

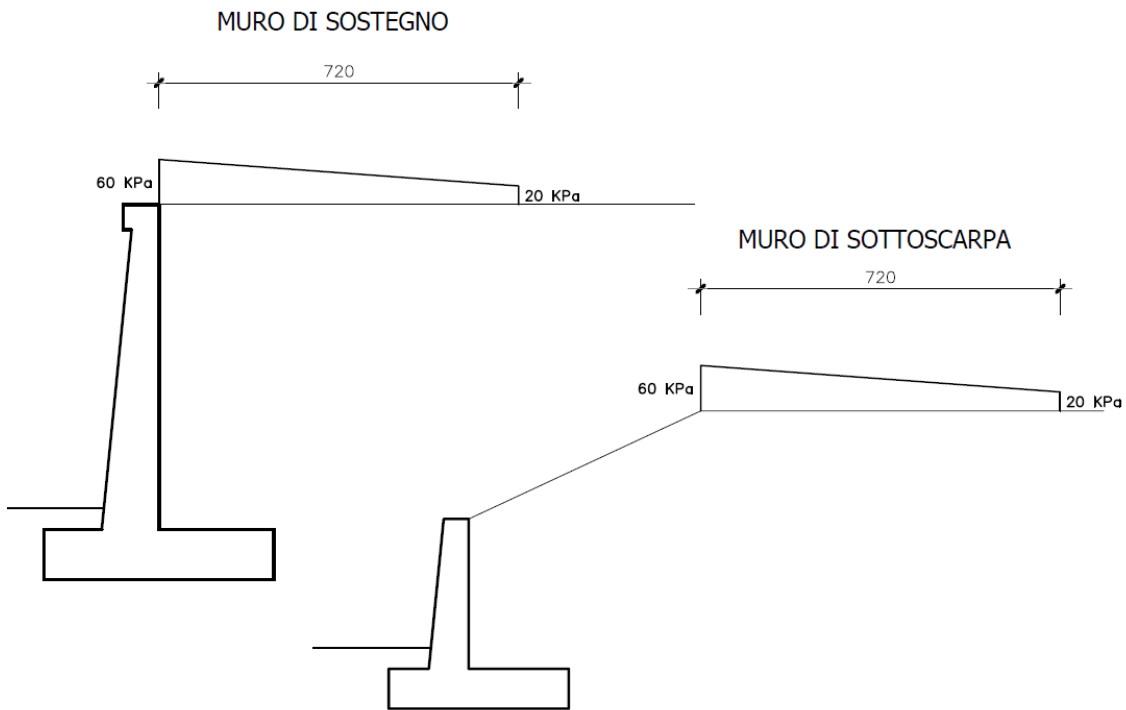
| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 37 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

$$Q2k d = 400 / 2.40 \times 5.00 = 33 \text{ KN/m}^2$$

$$Q3k d = 200 / 2.40 \times 5.00 = 17 \text{ KN/m}^2$$

In aggiunta, sul lato corsia 1, va considerato un ulteriore carico distribuito di 9KN/m2, mentre sul lato corsia 3, il carico aggiuntivo è pari a 2.5 KN/m2.

In definitiva, nell'ipotesi di disporre le tre corsie in affiancamento, è possibile considerare, ai fini delle analisi, il carico uniforme equivalente negli schemi di figura seguente:



Schemi Carico Azioni da traffico Veicolare

9.4 AZIONI ECCEZIONALI (URTO VEICOLO IN SVIO)

Per il caso dei muri di sostegno, essendo prevista l'installazione del sicurvia in corrispondenza della sezione di testa, si è tenuto conto della eventuale presenza di un'azione eccezionale rappresentativa dell'urto di un veicolo in svio, valutata in accordo a quanto specificato al prg 3.6.3.3.2 del DM 14.01.08. Ipotizzando pertanto, in analogia a quanto assunto al paragrafo precedente che l'azione d'urto chiami a collaborare un tratto di muro di estensione longitudinale pari a 5m , risulta:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 38 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | |
|--|--------------|-------|--|
| F tot = | 100.0 | KN | |
| h_{tn} = | 1.5 | m | (altezza da testa muro) |
| Mtm = | 150.0 | KNm | |
| Riepilogo azioni a testa muro / m = | | | |
| Ld = | 5.0 | m | (lunghezza di diffusione) |
| qh = | 20 | KN/m | (azione orizzontale per metro di muro) |
| mh = | 30 | KNm/m | (momento ribaltante per metro di muro) |

Tale azione va considerata agente solo per i muri di sostegno e non per quelli di controripa.

9.5 AZIONI SISMICHE

Per la Valutazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse e sui coefficienti di spinta del terreno, si è fatto riferimento al metodo pseudo-statico previsto al punto 7.11.3.5.2 - "Metodi di Analisi" - delle NTC secondo il quale, nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

| | Categoria di sottosuolo | |
|-------------------------|-------------------------|------------|
| | A | B, C, D, E |
| | β_m | β_m |
| $0,2 < a_g(g) \leq 0,4$ | 0,31 | 0,31 |
| $0,1 < a_g(g) \leq 0,2$ | 0,29 | 0,24 |
| $a_g(g) \leq 0,1$ | 0,20 | 0,18 |

Tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso dei muri su pali) un valore del coefficiente β_m pari ad 1.0. Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 39 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

riempimento è rigidamente connesso all'opera e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

Nel caso in specie si ha:

- Per i muri su fondazione diretta:
 $a_g/g = 0.206$;
 $a_{max}/g = 0.285$
 $\beta_m = 0.31$;
 $K_h = 0.089$
- Per i muri su pali:
 $a_g/g = 0.206$;
 $a_{max}/g = 0.285$
 $\beta_m = 1$;
 $K_h = 0.285$

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 40 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

9.5.1 Forze d'inerzia

Per le verifiche in fase sismica verranno pertanto applicate a tutti carichi fissi le seguenti forze d'inerzia:

$F_h = K_h * W_i$ (Forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma)

$F_v = \pm 0.5 K_h * W_i$ (Forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma)

essendo W_i il peso dell'elemento in esame o l'entità del carico fisso.

9.5.2 Effetti sismici sulle spinte del terreno

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta.

Per le verifiche in fase sismica infatti, nell'equazione risolutiva dell'equilibrio del cuneo, vengono infatti aggiunte anche le forze d'inerzia proprie del Cuneo F_h ed F_v .

La superficie di rottura nel caso di sisma risulta generalmente meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

9.5.3 Effetti dell'Azione sismica sulla falda

Normalmente gli effetti idrodinamici considerati per il calcolo delle paratie sono calcolati con il metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) e sono applicate sempre come pressioni esterne. La pressione idrodinamica viene calcolata come in particolare come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

H è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

z_w è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 41 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

10. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Si riporta nel seguito il riepilogo delle Combinazioni di Carico esaminate per l'Analisi e Verifica dei muri di Sottoscarpa.

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 6 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|-----|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 7 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 8 - Rara (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 42 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Si riporta nel seguito il riepilogo delle Combinazioni di Carico esaminate per l'Analisi e Verifica dei muri di sostegno.

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 6 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|-----|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 7 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 8 - Rara (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 43 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

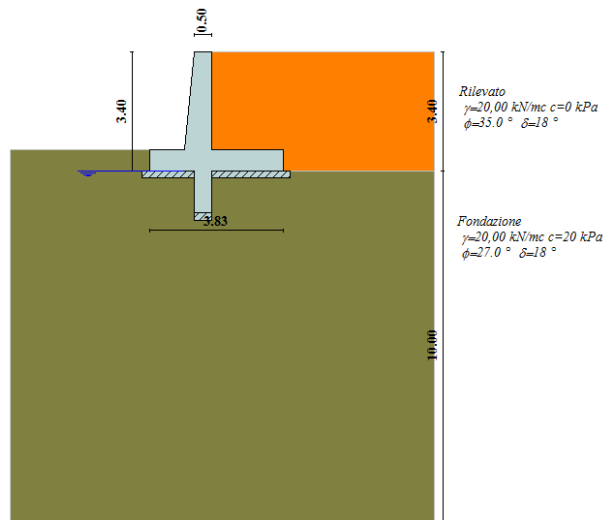
11. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

Si riportano di seguito risultati delle analisi e verifiche delle diverse sezioni tipo dei muri

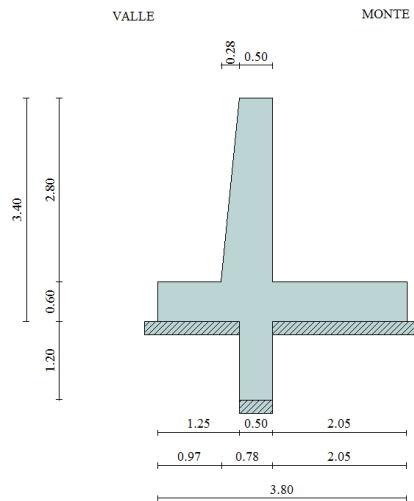
11.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 1

11.1.1 Modello di calcolo

Di seguito si riporta la rappresentazione del modello di calcolo adottato.



Modello di calcolo muro su PALI



Geometria muro

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

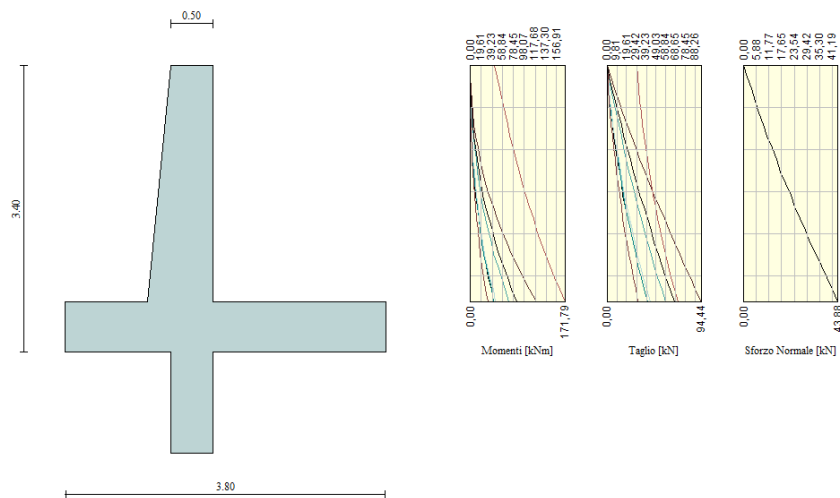
Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OSO100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 44 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| Comb. | Tipo comb. | Sisma | FS (ribalt) | FS (scorr) | FS (quilt) | FS (stab) | Spinta [kN] | Incr. sism. [kN] |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|------------|------------|-----------|-------------|------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | 2,25 | 9,72 | -- | 58,1666 | 0,0000 |
| 2 | EQU - [1] | -- | 6,81 | -- | -- | -- | 58,8511 | 0,0000 |
| 3 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 2,66 | 53,5010 | 0,0000 |
| 4 | A1-M1 - [2] | -- | -- | 1,82 | 5,00 | -- | 108,2406 | 0,0000 |
| 5 | EQU - [2] | -- | 5,57 | -- | -- | -- | 120,9327 | 0,0000 |
| 6 | STAB - [2] | -- | -- | -- | -- | 1,70 | 107,2958 | 0,0000 |
| 7 | A1-M1 - [3] | -- | -- | 1,57 | 6,30 | -- | 58,1666 | 0,0000 |
| 8 | EQU - [3] | -- | 2,31 | -- | -- | -- | 58,8511 | 0,0000 |
| 9 | STAB - [3] | -- | -- | -- | -- | 2,66 | 53,5010 | 0,0000 |
| 10 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV negativo | -- | 1,74 | 9,44 | -- | 44,7435 | 7,5161 |
| 11 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1,76 | 8,76 | -- | 44,7435 | 11,3980 |
| 12 | EQU - [4] | SismaH + SismaV negativo | 4,37 | -- | -- | -- | 53,5010 | 7,8205 |
| 13 | EQU - [4] | SismaH + SismaV positivo | 5,26 | -- | -- | -- | 53,5010 | 12,4679 |
| 14 | STAB - [4] | SismaH + SismaV positivo | -- | -- | -- | 2,18 | 53,5010 | 12,4679 |
| 15 | STAB - [4] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | 2,20 | 53,5010 | 7,8205 |
| 16 | A1-M1 - [5] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1,76 | 8,76 | -- | 44,7435 | 11,3980 |
| 17 | SLEQ - [1] | -- | -- | 2,88 | 10,60 | -- | 44,7435 | 0,0000 |
| 18 | SLEF - [1] | -- | -- | 2,32 | 7,04 | -- | 68,7956 | 0,0000 |
| 19 | SLEH - [1] | -- | -- | 2,22 | 6,32 | -- | 78,1149 | 0,0000 |

Azioni risultanti sul muro



Involuppo sollecitazioni sul muro

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 45 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.1.2 Verifiche

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

| Elemento | Armatura a flessione | | Elemento | Armatura a flessione | |
|-----------|----------------------|------------|------------|----------------------|----------------|
| | Lato monte | Lato valle | | Lato inferiore | Lato superiore |
| PARAMENTO | 1φ14/20 | 1φ12/20 | FONDAZIONE | 1φ14/20 | 1φ14/20 |

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

Involuppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 1,8662 | 0,0659 | 49,5659 | 0,9953 | 30,9953 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 3,7873 | 0,2775 | 54,2775 | 2,1325 | 32,1325 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 5,7633 | 0,6555 | 59,1555 | 3,4078 | 33,4078 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 7,7941 | 1,2200 | 64,2200 | 4,8204 | 34,8204 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 9,8799 | 1,9912 | 69,4912 | 6,3703 | 36,3703 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 12,0205 | 2,9894 | 74,9894 | 8,0209 | 38,0576 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 14,2160 | 4,2346 | 80,7346 | 9,7965 | 39,8822 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 16,4663 | 5,7376 | 86,7472 | 11,6972 | 41,8441 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 18,7716 | 7,5102 | 93,0472 | 13,7229 | 43,9433 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 21,1317 | 9,5785 | 99,6548 | 15,8738 | 46,3252 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 23,5467 | 11,9609 | 106,5903 | 18,1497 | 51,5502 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 26,0166 | 14,6757 | 113,8738 | 20,5508 | 56,8827 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 28,5413 | 17,7413 | 121,5255 | 23,0769 | 62,3228 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 31,1210 | 21,1759 | 129,5655 | 25,7282 | 67,8707 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 33,7555 | 24,9981 | 138,0142 | 28,5045 | 73,5262 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 36,4449 | 29,2260 | 146,8916 | 31,4060 | 79,2896 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 39,1891 | 33,8782 | 156,2179 | 34,4325 | 85,1608 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 41,9883 | 38,9728 | 166,0134 | 37,5841 | 91,1400 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 44,8423 | 44,5284 | 176,2982 | 40,8608 | 97,2271 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 47,7512 | 50,5624 | 187,0916 | 44,2433 | 103,4050 |

Involuppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 1,8662 | 0,0491 | 0,2060 | 0,7656 | 2,8559 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 3,7873 | 0,2070 | 0,8336 | 1,6403 | 5,8105 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 5,7633 | 0,4895 | 1,8964 | 2,6214 | 8,8529 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 7,7941 | 0,9119 | 3,4070 | 3,7080 | 11,9807 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 9,8799 | 1,4899 | 5,3777 | 4,9003 | 15,1939 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 12,0205 | 2,2387 | 7,8208 | 6,1982 | 18,4925 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 14,2160 | 3,1739 | 10,7489 | 7,6017 | 21,8766 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 16,4663 | 4,3108 | 14,1743 | 9,1108 | 25,3462 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 18,7716 | 5,6648 | 18,1095 | 10,7256 | 28,9015 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OSO100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 46 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | |
|----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 21,1317 | 7,2515 | 22,5668 | 12,4460 | 32,5423 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 23,5467 | 9,0862 | 27,5588 | 14,2721 | 36,2689 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 26,0166 | 11,1844 | 33,0978 | 16,2037 | 40,0812 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 28,5413 | 13,5615 | 39,1963 | 18,2410 | 43,9793 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 31,1210 | 16,2329 | 45,8668 | 20,3840 | 47,9632 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 33,7555 | 19,2141 | 53,1217 | 22,6325 | 52,0329 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 36,4449 | 22,5204 | 60,9734 | 24,9867 | 56,1885 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 39,1891 | 26,1674 | 69,4346 | 27,4465 | 60,4301 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 41,9883 | 30,1705 | 78,5175 | 30,0120 | 64,7576 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 44,8423 | 34,5450 | 88,2348 | 32,6831 | 69,1711 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 47,7512 | 39,3058 | 98,5984 | 35,4429 | 73,6568 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|-----------------|---|
| B | base della sezione espressa in [m] |
| H | altezza della sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq] |
| σ _c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ _c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ _{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ _{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| VRd | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 0,00 | 2,96 | 173,53 | -- | -- |
| 2 | 0,15 | 1,00, 0,51 | 0,000770 | 0,000770 | 5,23 | -138,84 | 2,80 | 177,75 | -- | -- |
| 3 | 0,30 | 1,00, 0,53 | 0,000770 | 0,000770 | 10,07 | -144,38 | 2,66 | 181,95 | -- | -- |
| 4 | 0,45 | 1,00, 0,54 | 0,000770 | 0,000770 | 14,61 | -149,91 | 2,53 | 186,13 | -- | -- |
| 5 | 0,60 | 1,00, 0,56 | 0,000770 | 0,000770 | 18,87 | -155,45 | 2,42 | 190,31 | -- | -- |
| 6 | 0,75 | 1,00, 0,57 | 0,000770 | 0,000770 | 22,89 | -160,99 | 2,32 | 194,48 | -- | -- |
| 7 | 0,90 | 1,00, 0,59 | 0,000770 | 0,000770 | 26,69 | -166,53 | 2,22 | 198,64 | -- | -- |
| 8 | 1,05 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 30,30 | -172,07 | 2,13 | 202,80 | -- | -- |
| 9 | 1,20 | 1,00, 0,62 | 0,000770 | 0,000770 | 33,71 | -177,61 | 2,05 | 206,94 | -- | -- |
| 10 | 1,35 | 1,00, 0,63 | 0,000770 | 0,000770 | 36,95 | -183,16 | 1,97 | 211,08 | -- | -- |
| 11 | 1,50 | 1,00, 0,65 | 0,000770 | 0,000770 | 40,01 | -188,70 | 1,89 | 215,21 | -- | -- |
| 12 | 1,65 | 1,00, 0,66 | 0,000770 | 0,000770 | 42,91 | -194,23 | 1,82 | 219,34 | -- | -- |
| 13 | 1,80 | 1,00, 0,68 | 0,000770 | 0,000770 | 45,64 | -199,76 | 1,75 | 223,46 | -- | -- |
| 14 | 1,95 | 1,00, 0,69 | 0,000770 | 0,000770 | 48,21 | -205,28 | 1,69 | 227,57 | -- | -- |
| 15 | 2,10 | 1,00, 0,71 | 0,000770 | 0,000770 | 50,63 | -210,79 | 1,63 | 231,68 | -- | -- |
| 16 | 2,25 | 1,00, 0,72 | 0,001539 | 0,001539 | 104,45 | -427,07 | 3,09 | 235,79 | -- | -- |
| 17 | 2,40 | 1,00, 0,74 | 0,001539 | 0,001539 | 108,67 | -438,01 | 2,98 | 239,90 | -- | -- |
| 18 | 2,55 | 1,00, 0,75 | 0,000770 | 0,000770 | 57,01 | -227,24 | 1,45 | 244,00 | -- | -- |
| 19 | 2,70 | 1,00, 0,77 | 0,000770 | 0,000770 | 58,85 | -232,69 | 1,40 | 248,09 | -- | -- |
| 20 | 2,85 | 1,00, 0,78 | 0,000770 | 0,000770 | 60,57 | -238,12 | 1,35 | 252,19 | -- | -- |
| 21 | 3,00 | 1,00, 0,80 | 0,000770 | 0,000770 | 62,16 | -243,53 | 1,30 | 256,28 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fs} | σ _{fi} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,000770 | 0,000770 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,15 | 1,00, 0,51 | 0,000770 | 0,000770 | 8 | 7 | -39 | -107 |
| 3 | 0,30 | 1,00, 0,53 | 0,000770 | 0,000770 | 30 | 14 | 431 | -383 |
| 4 | 0,45 | 1,00, 0,54 | 0,000770 | 0,000770 | 73 | 21 | 1936 | -849 |
| 5 | 0,60 | 1,00, 0,56 | 0,000770 | 0,000770 | 129 | 27 | 4497 | -1446 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 47 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|-----|--------|--------|
| 6 | 0,75 | 1,00, 0,57 | 0,000770 | 0,000770 | 199 | 33 | 8014 | -2156 |
| 7 | 0,90 | 1,00, 0,59 | 0,000770 | 0,000770 | 279 | 40 | 12424 | -2973 |
| 8 | 1,05 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 369 | 46 | 17675 | -3889 |
| 9 | 1,20 | 1,00, 0,62 | 0,000770 | 0,000770 | 468 | 51 | 23727 | -4897 |
| 10 | 1,35 | 1,00, 0,63 | 0,000770 | 0,000770 | 575 | 57 | 30542 | -5992 |
| 11 | 1,50 | 1,00, 0,65 | 0,000770 | 0,000770 | 690 | 63 | 38086 | -7170 |
| 12 | 1,65 | 1,00, 0,66 | 0,000770 | 0,000770 | 811 | 68 | 46330 | -8425 |
| 13 | 1,80 | 1,00, 0,68 | 0,000770 | 0,000770 | 939 | 74 | 55248 | -9752 |
| 14 | 1,95 | 1,00, 0,69 | 0,000770 | 0,000770 | 1073 | 79 | 64815 | -11149 |
| 15 | 2,10 | 1,00, 0,71 | 0,000770 | 0,000770 | 1212 | 84 | 75010 | -12611 |
| 16 | 2,25 | 1,00, 0,72 | 0,001539 | 0,001539 | 981 | 89 | 44029 | -11287 |
| 17 | 2,40 | 1,00, 0,74 | 0,001539 | 0,001539 | 1088 | 94 | 49837 | -12536 |
| 18 | 2,55 | 1,00, 0,75 | 0,000770 | 0,000770 | 1658 | 99 | 109168 | -17360 |
| 19 | 2,70 | 1,00, 0,77 | 0,000770 | 0,000770 | 1815 | 104 | 121689 | -19054 |
| 20 | 2,85 | 1,00, 0,78 | 0,000770 | 0,000770 | 1975 | 109 | 134755 | -20800 |
| 21 | 3,00 | 1,00, 0,80 | 0,000770 | 0,000770 | 2140 | 114 | 148351 | -22595 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 0,00 | 1000,00 | 199,57 | -- | -- |
| 2 | 0,09 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 343,95 | 199,57 | -- | -- |
| 3 | 0,19 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 86,70 | 199,57 | -- | -- |
| 4 | 0,28 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 38,86 | 199,57 | -- | -- |
| 5 | 0,38 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 22,04 | 199,57 | -- | -- |
| 6 | 0,48 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 14,23 | 199,57 | -- | -- |
| 7 | 0,57 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 9,96 | 199,57 | -- | -- |
| 8 | 0,67 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 7,38 | 199,57 | -- | -- |
| 9 | 0,76 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 5,70 | 199,57 | -- | -- |
| 10 | 0,85 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 4,55 | 199,57 | -- | -- |
| 11 | 0,95 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 162,91 | 3,71 | 199,57 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 12 | 0,00 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0,09 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 7 | 9 | 520 | -64 |
| 14 | 0,19 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 29 | 19 | 2108 | -259 |
| 15 | 0,28 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 67 | 29 | 4806 | -590 |
| 16 | 0,38 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 121 | 40 | 8658 | -1063 |
| 17 | 0,48 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 191 | 51 | 13705 | -1683 |
| 18 | 0,57 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 279 | 62 | 19991 | -2454 |
| 19 | 0,67 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 384 | 74 | 27557 | -3383 |
| 20 | 0,76 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 508 | 86 | 36447 | -4474 |
| 21 | 0,85 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 651 | 98 | 46702 | -5733 |
| 22 | 0,95 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 814 | 111 | 58366 | -7165 |

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | 0,00 | 1000,00 | 199,57 | -- | -- |
| 2 | 0,20 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 104,79 | 199,57 | -- | -- |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 48 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|---------|-------|--------|----|----|
| 3 | 0,41 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 26,87 | 199,57 | -- | -- |
| 4 | 0,61 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 12,26 | 199,57 | -- | -- |
| 5 | 0,82 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 7,09 | 199,57 | -- | -- |
| 6 | 1,02 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 4,66 | 199,57 | -- | -- |
| 7 | 1,23 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 3,33 | 199,57 | -- | -- |
| 8 | 1,43 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 2,52 | 199,57 | -- | -- |
| 9 | 1,64 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 1,99 | 199,57 | -- | -- |
| 10 | 1,84 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 1,62 | 199,57 | -- | -- |
| 11 | 2,05 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0,00 | -162,91 | 1,36 | 199,57 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 12 | 0,00 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0,20 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 10 | 6 | 742 | -91 |
| 14 | 0,41 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 36 | 9 | 2590 | -318 |
| 15 | 0,61 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 69 | 10 | 4974 | -611 |
| 16 | 0,82 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 102 | 10 | 7326 | -899 |
| 17 | 1,02 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 127 | 10 | 9075 | -1114 |
| 18 | 1,23 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 148 | 10 | 10620 | -1304 |
| 19 | 1,43 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 181 | -9 | 12948 | -1590 |
| 20 | 1,64 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 208 | -20 | 14944 | -1835 |
| 21 | 1,84 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 229 | -33 | 16423 | -2016 |
| 22 | 2,05 | 1,00, 0,60 | 0,000770 | 0,000770 | 240 | -49 | 17200 | 11115 |

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

| Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale) | | | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----------------|------------|------------------------------|
| Sezione | V _{Ed} | b | h | V _{Rd} | ESITO | Armatura a taglio |
| [-] | [kN] | [cm] | [cm] | [kN] | [-] | [-] |
| Paramento | 94 | 100 | 80 | 245 | verificato | Spilli Φ10/40x40 |
| Fondazione | 88 | 100 | 100 | 220 | verificato | Elemento non armato a taglio |

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

L'analisi di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop semplificato a portato alla seguente superficie di scorrimento critica:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N, prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 50 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| Armature | | | | | | | |
|-----------------|------|-------|----------|----|--------------------------|----|-------|
| Armature taglio | | | | | Armature longitudinali . | | |
| nb | ∅ | p(cm) | Asw(mm2) | a° | n | ∅ | mm2 |
| 2,5 | 10,0 | 40 | 196,35 | 90 | 5 | 14 | 769,7 |

Verifiche allo SLU

| | | | |
|-------------------|-------------------|---------------|-----------|
| Mx (daN*cm/cm) | My (daN*cm/cm) | N (daN/cm) | CS, Ncost |
| 144000 | 0 | 0 | 18.83 > 1 |

| | | | | | |
|----------|-----------|-----------|----------|-------------|-------------|
| Vsd (KN) | VRcd (KN) | VRsd (KN) | Vrd (KN) | C (Vrd/Vsd) | Esito |
| 35.95 | 1159,25 | 194,48 | 194,48 | 5,40 | Soddisfatta |

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

| | | | | | |
|--------|----|-------|--------|---------|------|
| Me | Ne | Es/Ec | Wk(mm) | Srm(mm) | fctd |
| 135000 | 0 | 15 | 0 | 0 | 14.1 |

VERIFICHE GETECNICHE

Si riportano di seguito i coefficienti di sicurezza per la valutazione della capacità portante nonché i coefficienti di sicurezzi minimi provenienti dalla analisi.

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante

$N_c = 23.94$

$N_q = 13.20$

$N_\gamma = 9.46$

Fattori forma

$s_c = 1,00$

$s_q = 1,00$

$s_\gamma = 1,00$

Fattori inclinazione

$i_c = 0,76$

$i_q = 0,76$

$i_\gamma = 0,32$

Fattori profondità

$d_c = 1,10$

$d_q = 1,05$

$d_\gamma = 1,05$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 19.95$

$N'_q = 10.50$

$N'_\gamma = 3.22$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

2.22

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

6.32

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 51 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 2A

11.2.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3×3) della palificata, K . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli inviluppi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

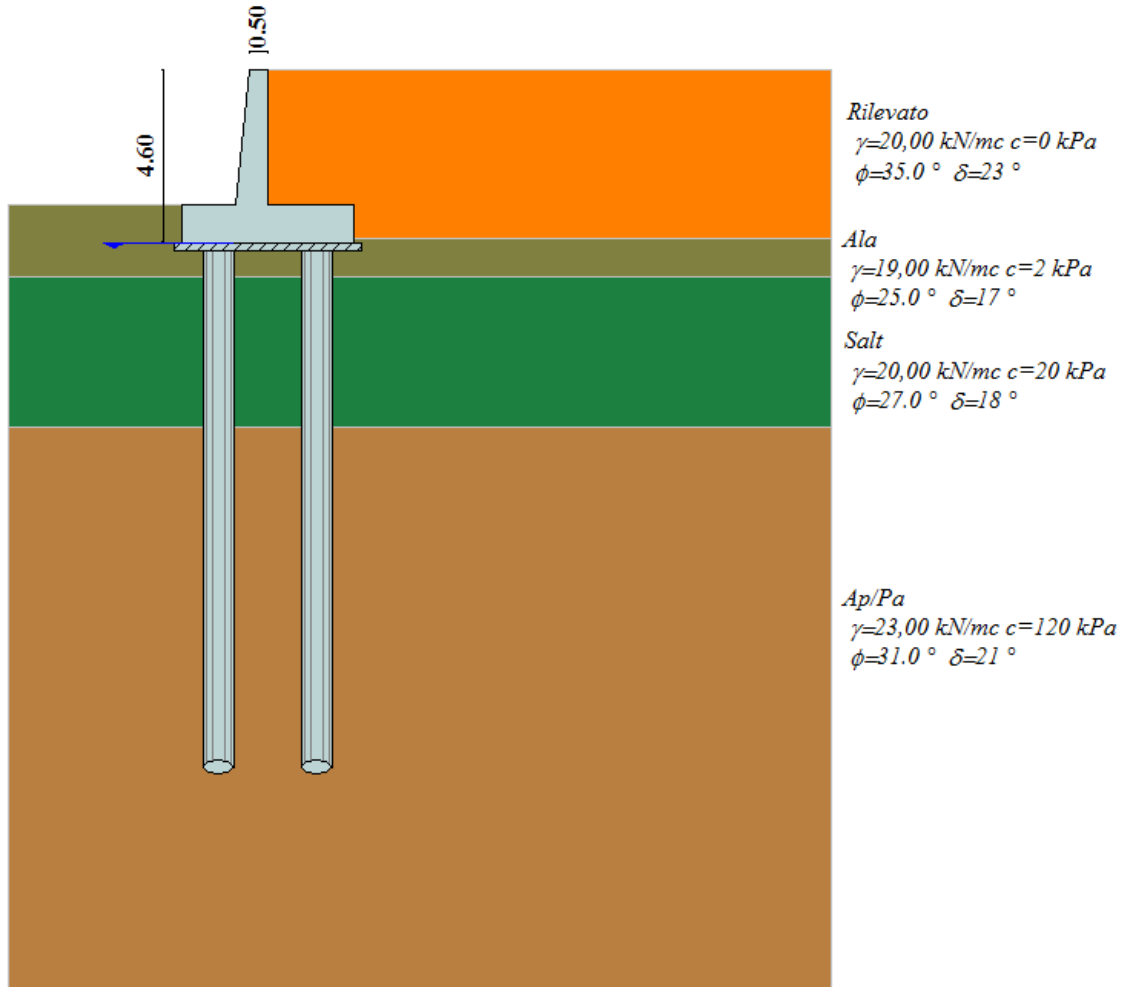
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 52 di 278 |



Modello di calcolo muro su PALLI

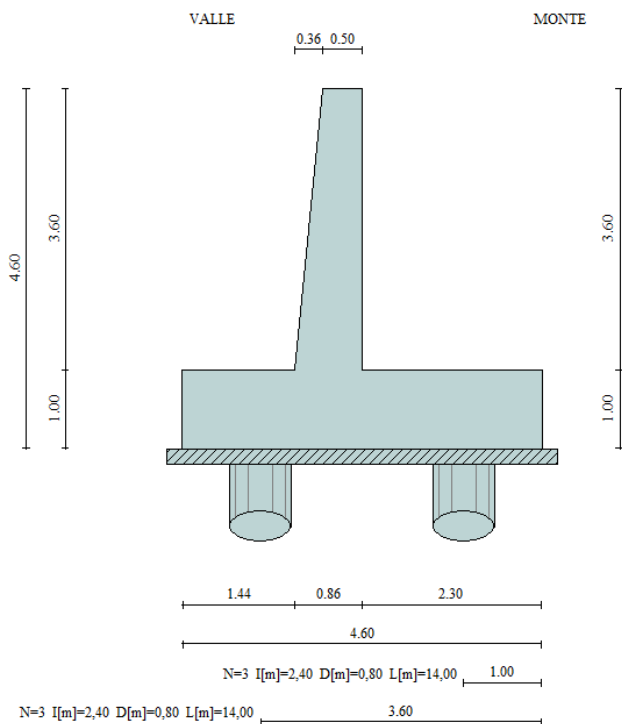
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N,prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 53 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|



Geometria muro

| Comb. | Tipo comb. | Sisma | FS (ribalt) | FS (scorr) | FS (qult) | FS (stab) | Spinta[kN] | Incr. sism.[kN] |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 107,3591 | 0,0000 |
| 2 | A1-M1 - [2] | -- | -- | -- | -- | -- | 177,7922 | 0,0000 |
| 3 | A1-M1 - [3] | -- | -- | -- | -- | -- | 107,3591 | 0,0000 |
| 4 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | -- | 82,5190 | 54,1329 |
| 5 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV positivo | -- | -- | -- | -- | 82,5190 | 69,1671 |
| 6 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 82,5190 | 0,0000 |
| 7 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 117,7022 | 0,0000 |
| 8 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 129,4593 | 0,0000 |

Azioni risultanti sul muro

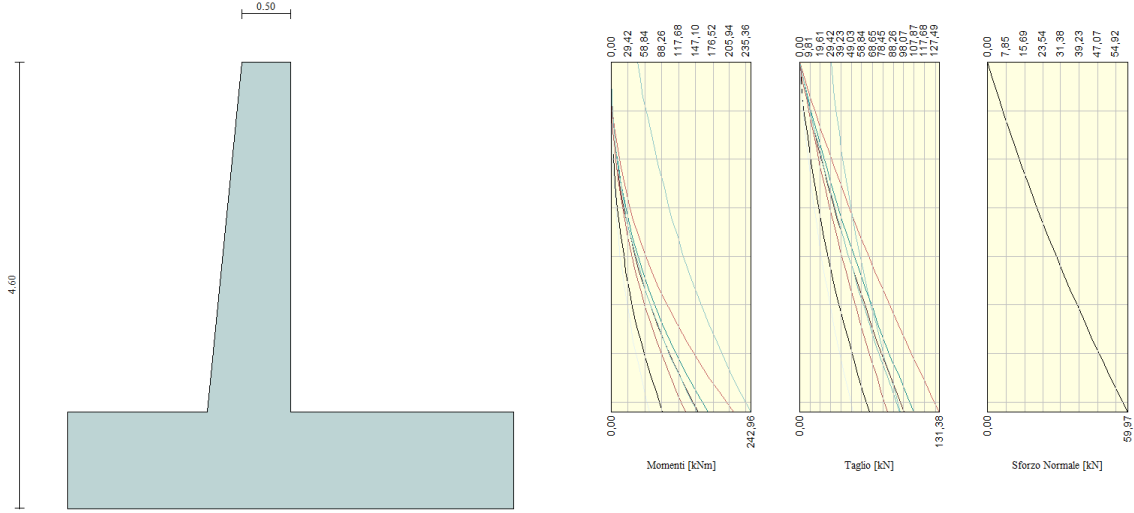
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 54 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



Involuppo sollecitazioni sul muro

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 55 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.2.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

| Elemento | Armatura a flessione | | Elemento | Armatura a flessione | |
|-----------|----------------------|------------|------------|----------------------|----------------|
| | Lato monte | Lato valle | | Lato inferiore | Lato superiore |
| PARAMENTO | 1φ22/20 | 1φ18/20 | FONDAZIONE | 1φ22/20 | 1φ22/10 |

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 2,2461 | 0,1188 | 50,5188 | 1,4645 | 31,4645 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 4,5714 | 0,4981 | 56,2981 | 3,1236 | 33,1236 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 6,9759 | 1,1719 | 62,3719 | 4,9727 | 34,9727 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 9,4595 | 2,1734 | 68,7734 | 7,0110 | 37,0110 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 12,0223 | 3,5360 | 75,5360 | 9,2383 | 39,2383 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 14,6643 | 5,2931 | 82,6931 | 11,6546 | 41,6546 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 17,3854 | 7,4779 | 90,2779 | 14,2600 | 44,2600 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 20,1858 | 10,1237 | 98,3237 | 17,0544 | 47,0544 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 23,0652 | 13,2639 | 106,8639 | 20,0379 | 51,3865 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 26,0239 | 16,9317 | 115,9317 | 23,2105 | 57,8790 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 29,0617 | 21,1605 | 125,5605 | 26,5721 | 64,5278 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 32,1788 | 25,9836 | 135,7836 | 30,1227 | 71,3328 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 35,3749 | 31,4343 | 146,6343 | 33,8624 | 78,2943 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 38,6503 | 37,5460 | 158,1460 | 37,7912 | 85,4121 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 42,0048 | 44,3518 | 170,3518 | 41,9090 | 92,6864 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 45,4385 | 51,8852 | 183,2852 | 46,2159 | 100,1172 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 48,9514 | 60,1794 | 196,9794 | 50,7118 | 107,7046 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 52,5434 | 69,2678 | 211,4678 | 55,3967 | 115,4485 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 56,2146 | 79,1837 | 226,7837 | 60,2707 | 123,3492 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 59,9650 | 89,9588 | 242,9588 | 65,3036 | 131,3814 |

Involuppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 2,2461 | 0,0891 | 0,3053 | 1,1265 | 3,5275 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 4,5714 | 0,3737 | 1,2374 | 2,4027 | 7,1919 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 6,9759 | 0,8800 | 2,8191 | 3,8252 | 10,9822 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 9,4595 | 1,6333 | 5,0721 | 5,3931 | 14,8957 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 12,0223 | 2,6591 | 8,0178 | 7,1064 | 18,9324 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 14,6643 | 3,9829 | 11,6777 | 8,9651 | 23,0923 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 17,3854 | 5,6301 | 16,0733 | 10,9692 | 27,3756 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 20,1858 | 7,6262 | 21,2260 | 13,1188 | 31,7823 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 23,0652 | 9,9967 | 27,1574 | 15,4138 | 36,3124 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 26,0239 | 12,7669 | 33,8889 | 17,8542 | 40,9659 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 56 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | |
|----|------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 29,0617 | 15,9624 | 41,4421 | 20,4401 | 45,7430 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 32,1788 | 19,6087 | 49,8384 | 23,1713 | 50,6436 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 35,3749 | 23,7311 | 59,0995 | 26,0480 | 55,6678 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 38,6503 | 28,3552 | 69,2468 | 29,0701 | 60,8156 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 42,0048 | 33,5064 | 80,3018 | 32,2377 | 66,0870 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 45,4385 | 39,2101 | 92,2861 | 35,5507 | 71,4821 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 48,9514 | 45,4919 | 105,2213 | 39,0090 | 77,0009 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 52,5434 | 52,3772 | 119,1289 | 42,6129 | 82,6434 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 56,2146 | 59,8913 | 134,0305 | 46,3621 | 88,4097 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 59,9650 | 68,0588 | 149,9466 | 50,2335 | 94,2799 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|-----------------|---|
| B | base della sezione espressa in [m] |
| H | altezza della sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq] |
| σ _c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ _c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ _{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ _{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| VRd | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,000000 | 0,001272 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 173,53 | -- | -- |
| 2 | 0,18 | 1,00, 0,52 | 0,001901 | 0,001272 | 15,01 | -337,52 | 6,68 | 204,62 | -- | -- |
| 3 | 0,36 | 1,00, 0,54 | 0,001901 | 0,001272 | 28,73 | -353,77 | 6,28 | 208,53 | -- | -- |
| 4 | 0,54 | 1,00, 0,55 | 0,001901 | 0,001272 | 41,38 | -370,00 | 5,93 | 212,41 | -- | -- |
| 5 | 0,72 | 1,00, 0,57 | 0,001901 | 0,001272 | 53,12 | -386,23 | 5,62 | 216,25 | -- | -- |
| 6 | 0,90 | 1,00, 0,59 | 0,001901 | 0,001272 | 64,06 | -402,46 | 5,33 | 220,05 | -- | -- |
| 7 | 1,08 | 1,00, 0,61 | 0,001901 | 0,001272 | 74,25 | -418,68 | 5,06 | 223,82 | -- | -- |
| 8 | 1,26 | 1,00, 0,63 | 0,001901 | 0,001272 | 83,75 | -434,90 | 4,82 | 227,56 | -- | -- |
| 9 | 1,44 | 1,00, 0,64 | 0,001901 | 0,001272 | 92,61 | -451,10 | 4,59 | 231,28 | -- | -- |
| 10 | 1,62 | 1,00, 0,66 | 0,001901 | 0,001272 | 100,86 | -467,28 | 4,37 | 234,96 | -- | -- |
| 11 | 1,80 | 1,00, 0,68 | 0,001901 | 0,001272 | 108,52 | -483,43 | 4,17 | 238,63 | -- | -- |
| 12 | 1,98 | 1,00, 0,70 | 0,001901 | 0,001272 | 115,62 | -499,54 | 3,98 | 242,26 | -- | -- |
| 13 | 2,16 | 1,00, 0,72 | 0,001901 | 0,001272 | 122,19 | -515,62 | 3,80 | 245,88 | -- | -- |
| 14 | 2,34 | 1,00, 0,73 | 0,001901 | 0,001272 | 128,26 | -531,64 | 3,63 | 249,48 | -- | -- |
| 15 | 2,52 | 1,00, 0,75 | 0,001901 | 0,001272 | 133,83 | -547,61 | 3,46 | 253,05 | -- | -- |
| 16 | 2,70 | 1,00, 0,77 | 0,001901 | 0,001272 | 138,95 | -563,53 | 3,31 | 256,61 | -- | -- |
| 17 | 2,88 | 1,00, 0,79 | 0,000000 | 0,001272 | 0,48 | -1,94 | 0,01 | 253,14 | -- | -- |
| 18 | 3,06 | 1,00, 0,81 | 0,000000 | 0,001272 | 0,47 | -1,89 | 0,01 | 258,06 | -- | -- |
| 19 | 3,24 | 1,00, 0,82 | 0,001901 | 0,001272 | 151,79 | -610,91 | 2,89 | 267,18 | -- | -- |
| 20 | 3,42 | 1,00, 0,84 | 0,001901 | 0,001272 | 155,32 | -626,58 | 2,76 | 270,68 | -- | -- |
| 21 | 3,60 | 1,00, 0,86 | 0,001901 | 0,001272 | 158,50 | -642,18 | 2,64 | 274,16 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fs} | σ _{fi} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,000000 | 0,001272 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,18 | 1,00, 0,52 | 0,001901 | 0,001272 | 10 | 9 | -37 | -139 |
| 3 | 0,36 | 1,00, 0,54 | 0,001901 | 0,001272 | 37 | 17 | 495 | -475 |
| 4 | 0,54 | 1,00, 0,55 | 0,001901 | 0,001272 | 80 | 25 | 1617 | -984 |
| 5 | 0,72 | 1,00, 0,57 | 0,001901 | 0,001272 | 136 | 33 | 3336 | -1635 |
| 6 | 0,90 | 1,00, 0,59 | 0,001901 | 0,001272 | 203 | 40 | 5604 | -2412 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 57 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|--------|-----|-------|---------|
| 7 | 1,08 | 1,00, 0,61 | 0,001901 | 0,001272 | 279 | 48 | 8385 | -3302 |
| 8 | 1,26 | 1,00, 0,63 | 0,001901 | 0,001272 | 364 | 55 | 11649 | -4294 |
| 9 | 1,44 | 1,00, 0,64 | 0,001901 | 0,001272 | 457 | 62 | 15367 | -5381 |
| 10 | 1,62 | 1,00, 0,66 | 0,001901 | 0,001272 | 556 | 69 | 19518 | -6554 |
| 11 | 1,80 | 1,00, 0,68 | 0,001901 | 0,001272 | 662 | 75 | 24080 | -7805 |
| 12 | 1,98 | 1,00, 0,70 | 0,001901 | 0,001272 | 773 | 82 | 29035 | -9130 |
| 13 | 2,16 | 1,00, 0,72 | 0,001901 | 0,001272 | 890 | 88 | 34366 | -10522 |
| 14 | 2,34 | 1,00, 0,73 | 0,001901 | 0,001272 | 1011 | 94 | 40059 | -11977 |
| 15 | 2,52 | 1,00, 0,75 | 0,001901 | 0,001272 | 1136 | 100 | 46102 | -13490 |
| 16 | 2,70 | 1,00, 0,77 | 0,001901 | 0,001272 | 1265 | 107 | 52482 | -15058 |
| 17 | 2,88 | 1,00, 0,79 | 0,000000 | 0,001272 | 195217 | 112 | 0 | 1846288 |
| 18 | 3,06 | 1,00, 0,81 | 0,000000 | 0,001272 | 224096 | 118 | 0 | 2121221 |
| 19 | 3,24 | 1,00, 0,82 | 0,001901 | 0,001272 | 1673 | 124 | 73545 | -20059 |
| 20 | 3,42 | 1,00, 0,84 | 0,001901 | 0,001272 | 1815 | 130 | 81179 | -21815 |
| 21 | 3,60 | 1,00, 0,86 | 0,001901 | 0,001272 | 1960 | 135 | 89105 | -23612 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 297,79 | -- | -- |
| 2 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 297,79 | -- | -- |
| 3 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | -1360,65 | 237,09 | 362,37 | -- | -- |
| 4 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | -1360,65 | 100,77 | 362,37 | -- | -- |
| 5 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | -1360,65 | 50,51 | 362,37 | -- | -- |
| 6 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | -1360,65 | 30,88 | 362,37 | -- | -- |
| 7 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | -1360,65 | 20,68 | 362,37 | -- | -- |
| 8 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | 689,50 | 14,88 | 362,37 | -- | -- |
| 9 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | 689,50 | 10,81 | 362,37 | -- | -- |
| 10 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | 689,50 | 6,03 | 362,37 | -- | -- |
| 11 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | 689,50 | 3,03 | 362,37 | -- | -- |
| 12 | 1,44 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 0,00 | 689,50 | 2,54 | 362,37 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 13 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 14 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 15 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 18 | 8 | 879 | 742 |
| 16 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 32 | 14 | 2090 | 1304 |
| 17 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 114 | 26 | 4275 | 4630 |
| 18 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 163 | 36 | 7123 | 6595 |
| 19 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 157 | 85 | 10763 | 5143 |
| 20 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 220 | 137 | 15076 | -2538 |
| 21 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 306 | 187 | 20966 | -3530 |
| 22 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 574 | 239 | 39291 | -6615 |
| 23 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 1186 | 299 | 81148 | -13662 |
| 24 | 1,44 | 1,00, 1,00 | 0,003801 | 0,001901 | 1423 | 298 | 97412 | -16400 |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 297,79 | -- | -- |



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 58 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|---------|--------|--------|----|----|
| 2 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 297,79 | -- | -- |
| 3 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 212,55 | 297,79 | -- | -- |
| 4 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 100,68 | 297,79 | -- | -- |
| 5 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 32,15 | 297,79 | -- | -- |
| 6 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 22,70 | 297,79 | -- | -- |
| 7 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 20,66 | 297,79 | -- | -- |
| 8 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | 688,89 | 14,86 | 297,79 | -- | -- |
| 9 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | 688,89 | 10,80 | 297,79 | -- | -- |
| 10 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | 688,89 | 6,03 | 297,79 | -- | -- |
| 11 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | 688,89 | 3,03 | 297,79 | -- | -- |
| 12 | 1,44 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | 688,89 | 2,54 | 297,79 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 13 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 14 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 15 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 24 | 8 | 886 | 1449 |
| 16 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 42 | 14 | 2105 | 2549 |
| 17 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 147 | 26 | 4307 | 9047 |
| 18 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 210 | 36 | 7177 | 12887 |
| 19 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 177 | 85 | 10844 | 10049 |
| 20 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 247 | 137 | 15190 | -2923 |
| 21 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 344 | 187 | 21124 | -4065 |
| 22 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 645 | 239 | 39588 | -7619 |
| 23 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 1332 | 299 | 81761 | -15735 |
| 24 | 1,44 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 1599 | 298 | 98148 | -18889 |

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 297,79 | -- | -- |
| 2 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 297,79 | -- | -- |
| 3 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 55,04 | 297,79 | -- | -- |
| 4 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 31,66 | 297,79 | -- | -- |
| 5 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 16,98 | 297,79 | -- | -- |
| 6 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 11,01 | 297,79 | -- | -- |
| 7 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 8,86 | 297,79 | -- | -- |
| 8 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 7,78 | 297,79 | -- | -- |
| 9 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 7,23 | 297,79 | -- | -- |
| 10 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 7,06 | 297,79 | -- | -- |
| 11 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 6,76 | 297,79 | -- | -- |
| 12 | 1,55 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 5,49 | 297,79 | -- | -- |
| 13 | 1,70 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 4,54 | 297,79 | -- | -- |
| 14 | 1,85 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 3,83 | 297,79 | -- | -- |
| 15 | 2,00 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 3,27 | 297,79 | -- | -- |
| 16 | 2,15 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 2,83 | 297,79 | -- | -- |
| 17 | 2,30 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 0,00 | -688,89 | 2,46 | 297,79 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 18 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,000000 | 0,000000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 97 | 0 | -1150 | 5974 |
| 21 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 162 | 0 | -1909 | 9920 |
| 22 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 303 | 0 | -3582 | 18614 |
| 23 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 470 | 0 | -5550 | 28838 |
| 24 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 571 | 0 | -6743 | 35037 |
| 25 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 626 | 0 | -7400 | 38453 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 59 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|----|--------|-------|
| 26 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 641 | 16 | -7580 | 39384 |
| 27 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 611 | 48 | -7216 | 37497 |
| 28 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 513 | 84 | -6062 | 31498 |
| 29 | 1,55 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 432 | 53 | -5103 | 26515 |
| 30 | 1,70 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 457 | 33 | -5396 | 28035 |
| 31 | 1,85 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 543 | 16 | -6412 | 33315 |
| 32 | 2,00 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 679 | 6 | -8024 | 41692 |
| 33 | 2,15 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 903 | 1 | -10670 | 55443 |
| 34 | 2,30 | 1,00, 1,00 | 0,001901 | 0,001901 | 1355 | 0 | -16011 | 83194 |

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 0,000000 | 0,001272 | -59,91 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 0,18 | 0,001901 | 0,001272 | -73,08 | -0,09 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | 0,36 | 0,001901 | 0,001272 | -78,00 | -0,37 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | 0,54 | 0,001901 | 0,001272 | -83,07 | -0,88 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | 0,72 | 0,001901 | 0,001272 | -88,30 | -1,63 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | 0,90 | 0,001901 | 0,001272 | -93,67 | -2,66 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | 1,08 | 0,001901 | 0,001272 | -99,20 | -3,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | 1,26 | 0,001901 | 0,001272 | -104,89 | -5,63 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | 1,44 | 0,001901 | 0,001272 | -110,72 | -7,63 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 1,62 | 0,001901 | 0,001272 | -116,71 | -10,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 1,80 | 0,001901 | 0,001272 | -122,85 | -12,77 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 1,98 | 0,001901 | 0,001272 | -129,15 | -15,96 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 2,16 | 0,001901 | 0,001272 | -135,59 | -19,61 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 2,34 | 0,001901 | 0,001272 | -142,19 | -23,73 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 2,52 | 0,001901 | 0,001272 | -148,94 | -28,36 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 2,70 | 0,001901 | 0,001272 | -155,85 | -33,51 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 2,88 | 0,000000 | 0,001272 | -148,27 | -39,21 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 3,06 | 0,000000 | 0,001272 | -155,09 | -45,49 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 3,24 | 0,001901 | 0,001272 | -177,48 | -52,38 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | 3,42 | 0,001901 | 0,001272 | -184,99 | -59,89 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 3,60 | 0,001901 | 0,001272 | -192,66 | -68,06 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|-------|
| 1 | -2,30 | 0,000000 | 0,000000 | 235,31 | 0,08 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | -2,15 | 0,000000 | 0,000000 | 235,31 | 1,62 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | -2,00 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -2,10 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | -1,85 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -3,85 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | -1,70 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -12,54 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | -1,57 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -17,96 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | -1,43 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -15,08 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | -1,30 | 0,001901 | 0,001901 | 259,00 | 15,88 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | -1,17 | 0,001901 | 0,001901 | 259,00 | 22,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | -1,03 | 0,001901 | 0,001901 | 259,00 | 44,62 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | -0,90 | 0,001901 | 0,001901 | 259,00 | 96,52 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | -0,86 | 0,001901 | 0,001901 | 259,00 | 116,77 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 0,00 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -78,27 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 0,15 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -47,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 0,30 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -34,04 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 0,45 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -26,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 0,60 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -22,58 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 0,75 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -22,90 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 0,90 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -30,83 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | 1,03 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -39,58 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 1,17 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -43,15 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 22 | 1,30 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -43,13 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 23 | 1,43 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -39,92 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 24 | 1,57 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -33,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 25 | 1,70 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -21,40 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OSO100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 60 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|----|------|----------|----------|---------|--------|--------|------|-------|
| 26 | 1,85 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -11,40 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 27 | 2,00 | 0,001901 | 0,001901 | -259,00 | -6,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 28 | 2,15 | 0,000000 | 0,000000 | -235,31 | -3,13 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 29 | 2,30 | 0,000000 | 0,000000 | 235,31 | 0,21 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 27 | 2,00 | 0,003801 | 0,001901 | -278,23 | -6,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 28 | 2,15 | 0,000000 | 0,000000 | -235,31 | -3,13 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 29 | 2,30 | 0,000000 | 0,000000 | 235,31 | 0,21 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

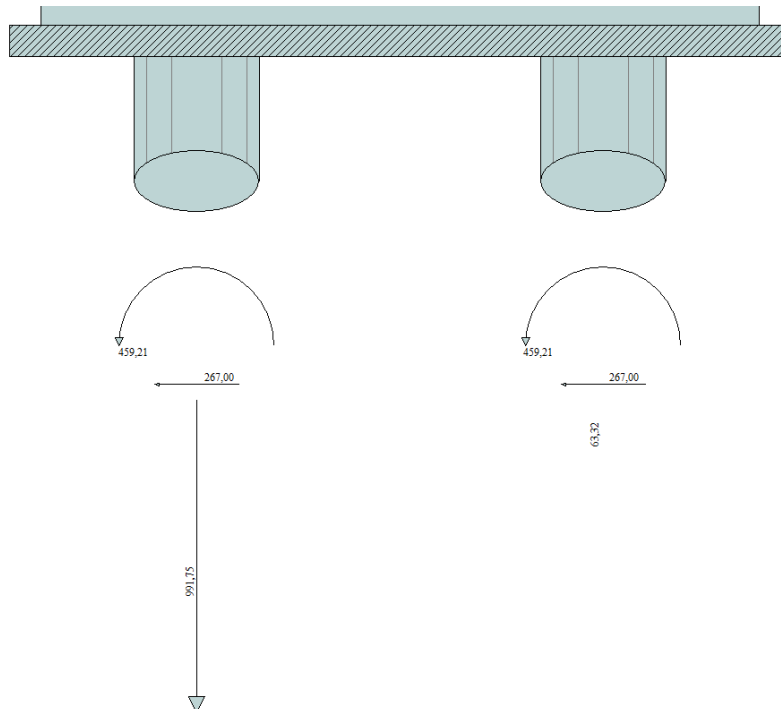
| Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale) | | | | | | |
|---|----------|------|------|----------|------------|-------------------------------|
| Sezione | V_{Ed} | b | h | V_{Rd} | ESITO | Armatura a taglio |
| [-] | [kN] | [cm] | [cm] | [kN] | [-] | [-] |
| Paramento | 131 | 100 | 115 | 366 | verificato | Spilli $\Phi 12/40 \times 40$ |
| Fondazione | 250 | 100 | 100 | 389 | verificato | Elemento non armato a taglio |

VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore $16\phi 22$ e staffa a spirale $\phi 12/20$
- Gabbia inferiore $16\phi 18$ e staffa a spirale $\phi 10/20$

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

| Verifica a pressoflessione - SLU | | | Verifica a taglio - SLU | | |
|----------------------------------|----------|----------------|-------------------------|----------|-------------|
| $M_{Ed,Max}$ | M_{Rd} | c.s. Flessione | $V_{Ed,Max}$ | V_{Rd} | c.s. Taglio |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 61 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | |
|-------|-------|------|-------|-------|------|
| [kNm] | [kNm] | [-] | [kNm] | [kNm] | [-] |
| 459 | 1092 | 1.78 | 596 | 679 | 1.14 |

| Verifica tensionale - SLE | | | Verifica a fessurazione - SLE | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|--------------|-------|
| Combo Rara | | | Combo QP | | Combo F | |
| $M_{Ed,Max}$ | $\sigma_{C,MAX}$ | $\sigma_{S,MIN}$ | $M_{Ed,Max}$ | w | $M_{Ed,Max}$ | w |
| [kNm] | [MPa] | [MPa] | [kNm] | [mm] | [kNm] | [mm] |
| 270 | 7.5 | -111 | 170 | 0.047 | 245 | 0.138 |

11.2.3 Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate nella "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" – L0703212E02GE0001REL01, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$$N_{Ed,Max} = 991 \text{ kN}$$

In definitiva si è assunto per il muro **Lpali = 12.00m**.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 62 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.3 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 2B

11.3.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3×3) della palificata, K . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli inviluppi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

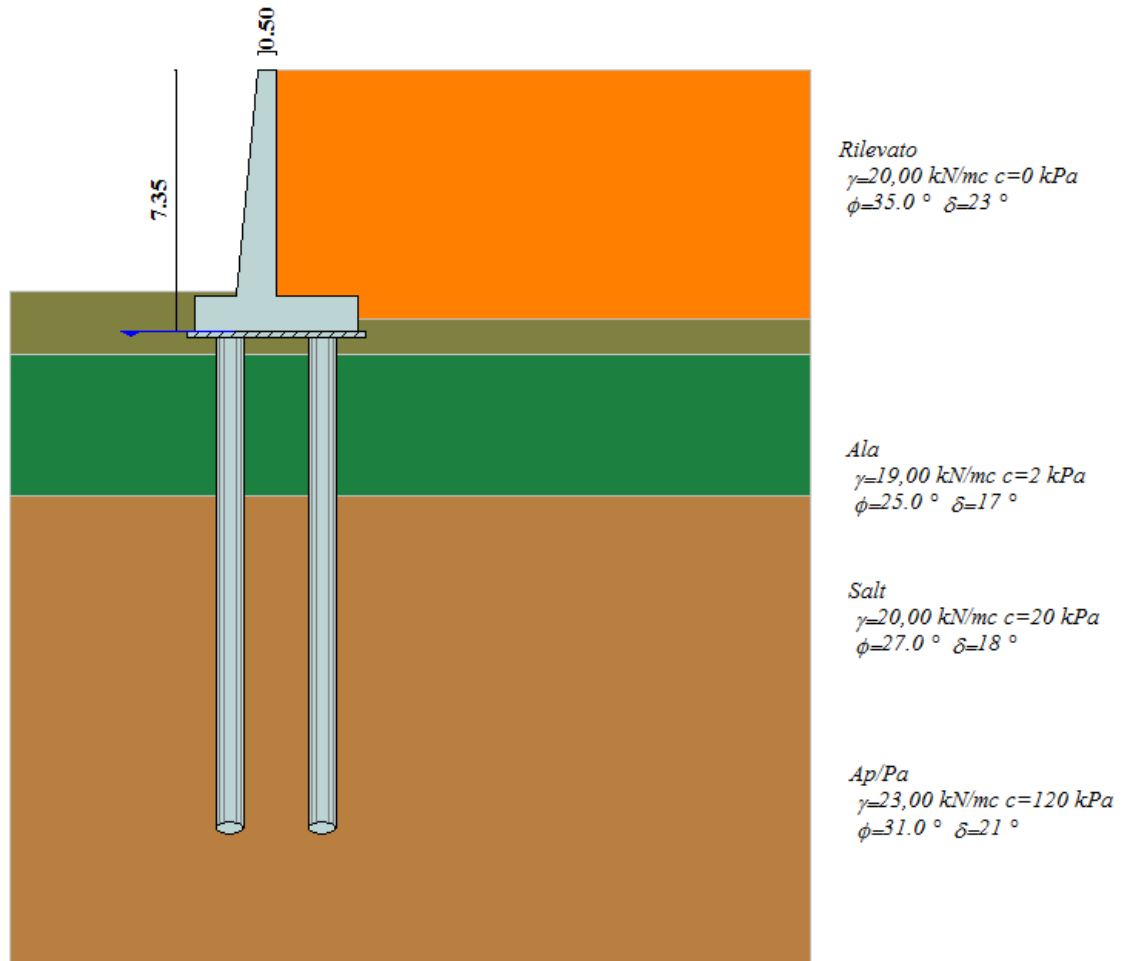
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 63 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



Modello di calcolo muro su PALLI

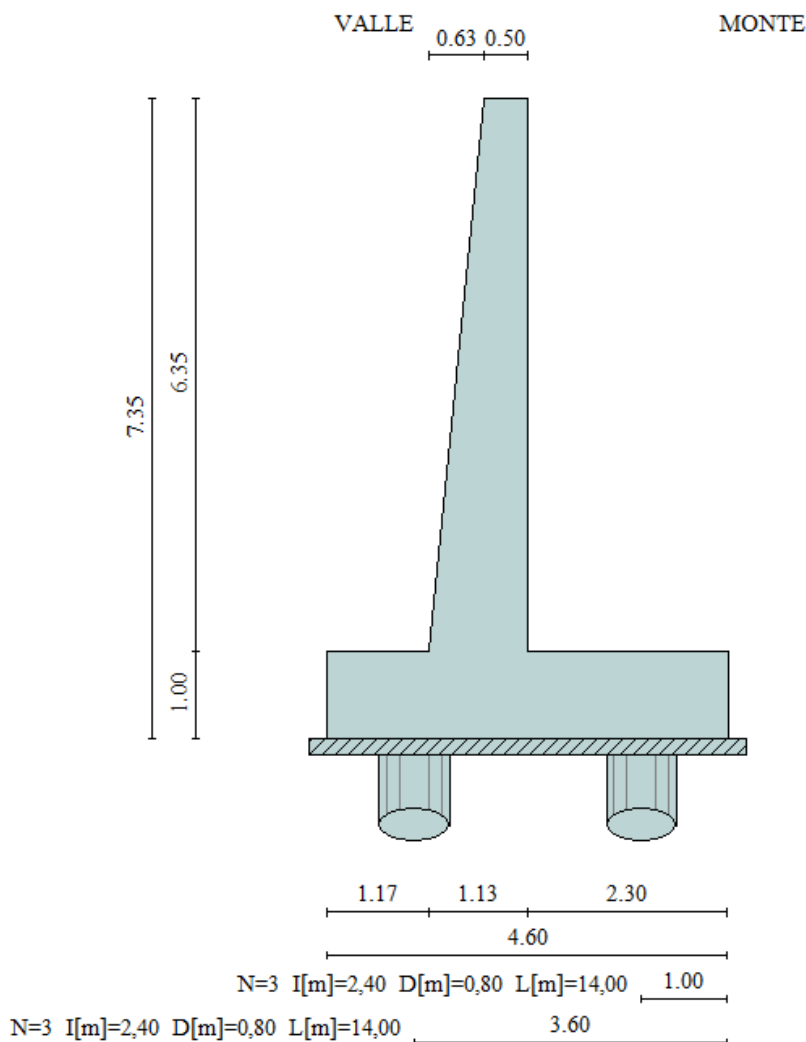
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N,prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 64 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|---------------|-----------|---------------------------|



Geometria muro

| Comb. | Tipo comb. | Sisma | FS (ribalt) | FS (scorr) | FS (qult) | FS (stab) | Spinta[kN] | Incr. sism.[kN] |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 268,2318 | 0,0000 |
| 2 | A1-M1 - [2] | -- | -- | -- | -- | -- | 369,0437 | 0,0000 |
| 3 | A1-M1 - [3] | -- | -- | -- | -- | -- | 268,2318 | 0,0000 |
| 4 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | -- | 206,1935 | 134,7790 |
| 5 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV positivo | -- | -- | -- | -- | 206,1935 | 172,3064 |
| 6 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 206,1935 | 0,0000 |
| 7 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 256,4844 | 0,0000 |
| 8 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 273,3478 | 0,0000 |

Azioni risultanti sul muro

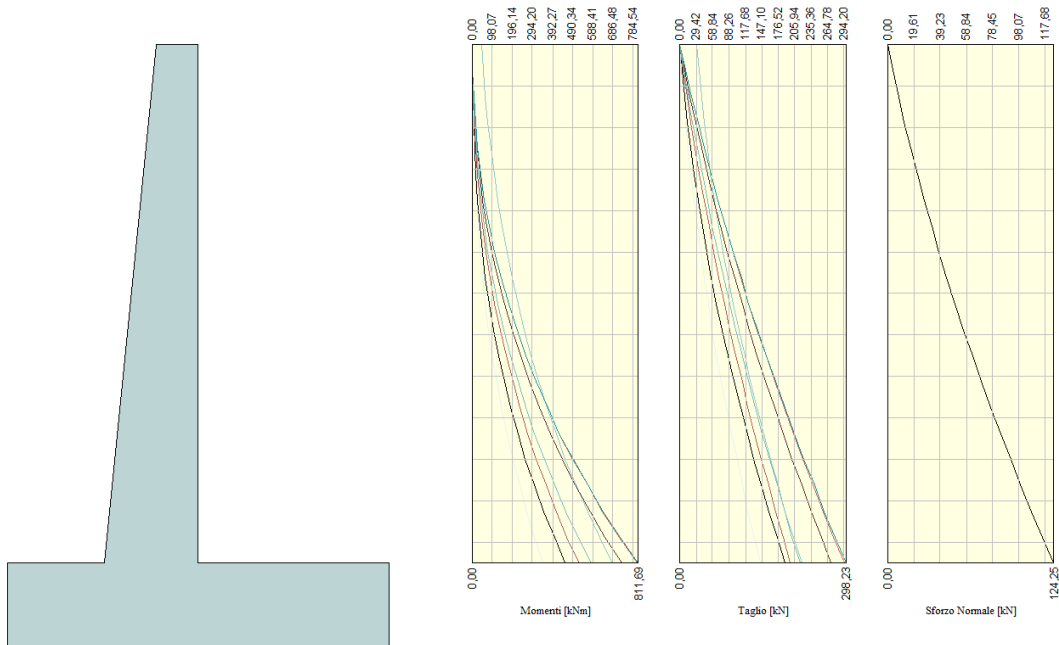
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 65 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



Inviluppo sollecitazioni sul muro

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 66 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.3.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

| Elemento | Armatura a flessione | | Elemento | Armatura a flessione | |
|-----------|----------------------|------------|------------|----------------------|----------------|
| | Lato monte | Lato valle | | Lato inferiore | Lato superiore |
| PARAMENTO | 1φ24/20 | 1φ20/20 | FONDAZIONE | 1φ24/20 | 1φ24/10 |

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

Involuppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 3,9499 | 0,5835 | 54,9585 | 4,0267 | 34,0267 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 8,1379 | 2,4521 | 66,2021 | 8,6319 | 38,6319 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 12,5642 | 5,7819 | 78,9069 | 13,8086 | 43,8086 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 17,2286 | 10,7473 | 93,2473 | 19,5551 | 49,5551 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 22,1313 | 17,5226 | 109,3976 | 25,8714 | 56,1513 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 27,2721 | 26,2822 | 127,5322 | 32,7576 | 68,7977 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 37,2003 | 147,8253 | 40,2135 | 81,9148 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 38,2683 | 50,4513 | 170,4513 | 48,2393 | 95,5029 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 44,1237 | 66,2096 | 195,5846 | 56,8349 | 109,6404 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 50,2172 | 84,6495 | 223,3995 | 66,0003 | 124,3076 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 56,5490 | 105,9452 | 254,0702 | 75,7356 | 139,4716 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 63,1189 | 130,2711 | 287,7711 | 86,0406 | 155,1324 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 69,9271 | 157,8016 | 324,6766 | 96,9155 | 171,2899 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 188,7110 | 368,0259 | 108,3602 | 187,9443 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 84,2579 | 223,1736 | 428,1630 | 120,3747 | 205,0954 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 91,7806 | 261,3637 | 493,6214 | 132,9590 | 222,7433 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 99,5415 | 303,4557 | 564,5527 | 146,1132 | 240,8880 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 107,5406 | 349,6239 | 641,1082 | 159,8371 | 259,5294 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 115,7778 | 400,0426 | 723,4396 | 174,1309 | 278,6677 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 124,2533 | 454,8786 | 811,6925 | 188,9033 | 298,2325 |

Involuppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 3,9499 | 0,4418 | 1,0937 | 3,0975 | 7,2600 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 8,1379 | 1,8574 | 4,4531 | 6,6399 | 14,9073 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 12,5642 | 4,3815 | 10,1936 | 10,6220 | 22,9291 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 17,2286 | 8,1473 | 18,4279 | 15,0424 | 31,3223 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 22,1313 | 13,2881 | 29,2682 | 19,9011 | 40,0872 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 27,2721 | 19,9370 | 42,8270 | 25,1981 | 49,2241 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 28,2274 | 59,2168 | 30,9335 | 58,7331 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 38,2683 | 38,2925 | 78,5503 | 37,1072 | 68,6144 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 67 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | |
|----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 44,1237 | 50,2654 | 100,9400 | 43,7192 | 78,8681 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 50,2172 | 64,2795 | 126,4986 | 50,7695 | 89,4945 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 56,5490 | 80,4680 | 155,3389 | 58,2581 | 100,4935 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 63,1189 | 98,9641 | 187,5735 | 66,1851 | 111,8654 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 69,9271 | 119,9010 | 223,3153 | 74,5504 | 123,6103 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 143,4121 | 262,6772 | 83,3540 | 135,7283 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 84,2579 | 169,6304 | 305,7719 | 92,5959 | 148,2193 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 91,7806 | 198,6894 | 352,7123 | 102,2762 | 161,0837 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 99,5415 | 230,7221 | 403,6114 | 112,3947 | 174,3213 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 107,5406 | 265,8618 | 458,5821 | 122,9516 | 187,9324 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 115,7778 | 304,2418 | 517,7374 | 133,9468 | 201,9169 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 124,2533 | 345,9895 | 581,1852 | 145,3103 | 216,2152 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|-----------------|---|
| B | base della sezione espressa in [m] |
| H | altezza della sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq] |
| σ _c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ _c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ _{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ _{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| VRd | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,001527 | 0,001272 | 0,00 | 0,00 | 5,77 | 186,53 | -- | -- |
| 2 | 0,31 | 1,00, 0,53 | 0,003563 | 0,001272 | 45,88 | -638,39 | 11,62 | 255,70 | -- | -- |
| 3 | 0,63 | 1,00, 0,56 | 0,003563 | 0,001272 | 84,68 | -688,86 | 10,41 | 263,84 | -- | -- |
| 4 | 0,94 | 1,00, 0,59 | 0,003563 | 0,001272 | 117,72 | -739,30 | 9,37 | 271,84 | -- | -- |
| 5 | 1,25 | 1,00, 0,62 | 0,003563 | 0,001272 | 145,90 | -789,67 | 8,47 | 279,71 | -- | -- |
| 6 | 1,56 | 1,00, 0,66 | 0,003563 | 0,001272 | 169,91 | -839,89 | 7,68 | 287,46 | -- | -- |
| 7 | 1,88 | 1,00, 0,69 | 0,003563 | 0,001272 | 190,30 | -889,92 | 6,98 | 295,12 | -- | -- |
| 8 | 2,19 | 1,00, 0,72 | 0,003563 | 0,001272 | 207,56 | -939,73 | 6,36 | 302,68 | -- | -- |
| 9 | 2,50 | 1,00, 0,75 | 0,003563 | 0,001272 | 222,11 | -989,29 | 5,80 | 310,15 | -- | -- |
| 10 | 2,81 | 1,00, 0,78 | 0,003563 | 0,001272 | 234,31 | -1038,60 | 5,31 | 317,55 | -- | -- |
| 11 | 3,13 | 1,00, 0,81 | 0,003563 | 0,001781 | 245,99 | -1094,34 | 4,90 | 324,87 | -- | -- |
| 12 | 3,44 | 1,00, 0,84 | 0,003563 | 0,001781 | 254,46 | -1143,27 | 4,50 | 332,14 | -- | -- |
| 13 | 3,75 | 1,00, 0,87 | 0,003563 | 0,001781 | 261,43 | -1191,93 | 4,14 | 339,34 | -- | -- |
| 14 | 4,06 | 1,00, 0,91 | 0,003563 | 0,001781 | 267,14 | -1240,34 | 3,82 | 346,49 | -- | -- |
| 15 | 4,38 | 1,00, 0,94 | 0,003563 | 0,001781 | 269,31 | -1287,62 | 3,50 | 353,59 | -- | -- |
| 16 | 4,69 | 1,00, 0,97 | 0,003563 | 0,001781 | 262,00 | -1331,38 | 3,11 | 360,65 | -- | -- |
| 17 | 5,00 | 1,00, 1,00 | 0,003563 | 0,001781 | 255,72 | -1375,34 | 2,79 | 367,66 | -- | -- |
| 18 | 5,31 | 1,00, 1,03 | 0,003563 | 0,001781 | 250,28 | -1419,45 | 2,51 | 374,64 | -- | -- |
| 19 | 5,63 | 1,00, 1,06 | 0,007125 | 0,003563 | 481,36 | -2869,63 | 4,48 | 476,73 | -- | -- |
| 20 | 5,94 | 1,00, 1,09 | 0,003563 | 0,001781 | 241,35 | -1508,10 | 2,08 | 388,50 | -- | -- |
| 21 | 6,25 | 1,00, 1,12 | 0,003563 | 0,001781 | 237,67 | -1552,58 | 1,91 | 395,38 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fs} | σ _{fi} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,001527 | 0,001272 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,31 | 1,00, 0,53 | 0,003563 | 0,001272 | 30 | 17 | 292 | -391 |
| 3 | 0,63 | 1,00, 0,56 | 0,003563 | 0,001272 | 104 | 34 | 1759 | -1304 |
| 4 | 0,94 | 1,00, 0,59 | 0,003563 | 0,001272 | 211 | 49 | 4319 | -2618 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 68 di 278 |

| | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|-----|--------|--------|
| 5 | 1,25 | 1,00, 0,62 | 0,003563 | 0,001272 | 343 | 63 | 7840 | -4257 |
| 6 | 1,56 | 1,00, 0,66 | 0,003563 | 0,001272 | 496 | 77 | 12221 | -6165 |
| 7 | 1,88 | 1,00, 0,69 | 0,003563 | 0,001272 | 666 | 89 | 17380 | -8297 |
| 8 | 2,19 | 1,00, 0,72 | 0,003563 | 0,001272 | 849 | 102 | 23252 | -10619 |
| 9 | 2,50 | 1,00, 0,75 | 0,003563 | 0,001272 | 1044 | 114 | 29784 | -13103 |
| 10 | 2,81 | 1,00, 0,78 | 0,003563 | 0,001272 | 1249 | 125 | 36930 | -15728 |
| 11 | 3,13 | 1,00, 0,81 | 0,003563 | 0,001781 | 1415 | 136 | 44393 | -17823 |
| 12 | 3,44 | 1,00, 0,84 | 0,003563 | 0,001781 | 1629 | 147 | 52625 | -20592 |
| 13 | 3,75 | 1,00, 0,87 | 0,003563 | 0,001781 | 1849 | 158 | 61375 | -23458 |
| 14 | 4,06 | 1,00, 0,91 | 0,003563 | 0,001781 | 2074 | 168 | 70622 | -26409 |
| 15 | 4,38 | 1,00, 0,94 | 0,003563 | 0,001781 | 2304 | 178 | 80346 | -29440 |
| 16 | 4,69 | 1,00, 0,97 | 0,003563 | 0,001781 | 2539 | 188 | 90531 | -32541 |
| 17 | 5,00 | 1,00, 1,00 | 0,003563 | 0,001781 | 2778 | 198 | 101163 | -35709 |
| 18 | 5,31 | 1,00, 1,03 | 0,003563 | 0,001781 | 3020 | 207 | 112228 | -38937 |
| 19 | 5,63 | 1,00, 1,06 | 0,007125 | 0,003563 | 2400 | 216 | 63332 | -32117 |
| 20 | 5,94 | 1,00, 1,09 | 0,003563 | 0,001781 | 3515 | 226 | 135619 | -45561 |
| 21 | 6,25 | 1,00, 1,12 | 0,003563 | 0,001781 | 3766 | 235 | 147924 | -48949 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 1590,35 | 297,79 | -- | -- |
| 2 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 113,84 | 297,79 | -- | -- |
| 3 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 56,89 | 297,79 | -- | -- |
| 4 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 30,49 | 297,79 | -- | -- |
| 5 | 0,59 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 11,89 | 297,79 | -- | -- |
| 6 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 10,14 | 3002,72 | 3002,72 | 3193,35 |
| 7 | 0,86 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 9,00 | 3002,72 | 3002,72 | 3193,35 |
| 8 | 0,99 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | 737,27 | 5,26 | 297,79 | -- | -- |
| 9 | 1,17 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002545 | 0,00 | 918,55 | 1,75 | 297,79 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 10 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 2 | 3 | 90 | 137 |
| 11 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 34 | 11 | 2009 | 1337 |
| 12 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 66 | 19 | 3893 | 2156 |
| 13 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 121 | 40 | 7171 | 5644 |
| 14 | 0,59 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 349 | 83 | 12091 | 20767 |
| 15 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 415 | 121 | 17175 | 24657 |
| 16 | 0,86 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 406 | 303 | 24113 | 5184 |
| 17 | 0,99 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 708 | 466 | 42048 | -8420 |
| 18 | 1,17 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002545 | 2541 | 688 | 132152 | -31027 |

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | 737,27 | 1000,00 | 297,79 | -- | -- |
| 2 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 116,13 | 297,79 | -- | -- |
| 3 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 56,23 | 297,79 | -- | -- |
| 4 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002290 | 0,00 | -737,46 | 27,27 | 297,79 | -- | -- |
| 5 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 14,94 | 1502,75 | 3002,72 | 1502,75 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 69 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|----------|------|---------|---------|---------|
| 6 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 9,86 | 1596,67 | 3002,72 | 1596,67 |
| 7 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 7,35 | 1596,67 | 3002,72 | 1596,67 |
| 8 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 5,73 | 1596,67 | 3002,72 | 1596,67 |
| 9 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 4,29 | 1596,67 | 3002,72 | 1596,67 |
| 10 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 3,32 | 1596,67 | 3002,72 | 1596,67 |
| 11 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,002290 | 0,002036 | 0,00 | -828,05 | 2,99 | 3002,72 | 3002,72 | 4508,25 |
| 12 | 1,55 | 1,00, 1,00 | 0,002290 | 0,002036 | 0,00 | -828,05 | 2,37 | 3002,72 | 3002,72 | 4257,80 |
| 13 | 1,70 | 1,00, 1,00 | 0,002290 | 0,002036 | 0,00 | -828,05 | 1,90 | 3002,72 | 3002,72 | 4257,80 |
| 14 | 1,85 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 1,41 | 3002,72 | 3002,72 | 4257,80 |
| 15 | 2,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 0,00 | -737,27 | 1,20 | 3002,72 | 3002,72 | 4257,80 |
| 16 | 2,15 | 1,00, 1,00 | 0,002545 | 0,002036 | 0,00 | -918,55 | 1,29 | 3002,72 | 3002,72 | 4257,80 |
| 17 | 2,30 | 1,00, 1,00 | 0,003308 | 0,002036 | 0,00 | -1188,42 | 1,45 | 3002,72 | 3002,72 | 8515,59 |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 18 | 0,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 4 | 0 | 219 | -44 |
| 19 | 0,15 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 37 | 0 | 597 | 2216 |
| 20 | 0,30 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 104 | 0 | -1237 | 6178 |
| 21 | 0,45 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002290 | 194 | 0 | -2302 | 11701 |
| 22 | 0,60 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 363 | 0 | -4323 | 21588 |
| 23 | 0,73 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 555 | 0 | -6604 | 32980 |
| 24 | 0,87 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 718 | 0 | -8544 | 42668 |
| 25 | 1,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 866 | 0 | -10307 | 51470 |
| 26 | 1,13 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 1003 | 0 | -11932 | 59585 |
| 27 | 1,27 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 1124 | 0 | -13375 | 66794 |
| 28 | 1,40 | 1,00, 1,00 | 0,002290 | 0,002036 | 1164 | 0 | -14041 | 64448 |
| 29 | 1,55 | 1,00, 1,00 | 0,002290 | 0,002036 | 1300 | 0 | -15682 | 71983 |
| 30 | 1,70 | 1,00, 1,00 | 0,002290 | 0,002036 | 1524 | 0 | -18393 | 84427 |
| 31 | 1,85 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 1888 | 0 | -22463 | 112178 |
| 32 | 2,00 | 1,00, 1,00 | 0,002036 | 0,002036 | 2237 | 0 | -26613 | 132899 |
| 33 | 2,15 | 1,00, 1,00 | 0,002545 | 0,002036 | 2451 | 0 | -29923 | 127448 |
| 34 | 2,30 | 1,00, 1,00 | 0,003308 | 0,002036 | 2725 | 0 | -34129 | 120886 |

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 0,001527 | 0,001272 | -66,67 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 0,31 | 0,003563 | 0,001272 | -84,53 | -0,44 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | 0,63 | 0,003563 | 0,001272 | -93,94 | -1,86 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | 0,94 | 0,003563 | 0,001272 | -103,80 | -4,38 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | 1,25 | 0,003563 | 0,001272 | -114,12 | -8,15 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | 1,56 | 0,003563 | 0,001272 | -124,91 | -13,29 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | 1,88 | 0,003563 | 0,001272 | -136,15 | -19,94 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | 2,19 | 0,003563 | 0,001272 | -147,85 | -28,23 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | 2,50 | 0,003563 | 0,001272 | -160,01 | -38,29 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 2,81 | 0,003563 | 0,001272 | -172,63 | -50,27 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 3,13 | 0,003563 | 0,001781 | -186,67 | -64,28 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 3,44 | 0,003563 | 0,001781 | -200,26 | -80,47 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 3,75 | 0,003563 | 0,001781 | -214,30 | -98,96 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 4,06 | 0,003563 | 0,001781 | -228,80 | -119,90 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 4,38 | 0,003563 | 0,001781 | -243,75 | -143,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 4,69 | 0,003563 | 0,001781 | -259,17 | -169,63 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 5,00 | 0,003563 | 0,001781 | -275,04 | -198,69 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 5,31 | 0,003563 | 0,001781 | -291,37 | -230,72 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 5,63 | 0,007125 | 0,003563 | -351,49 | -265,86 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | 5,94 | 0,003563 | 0,001781 | -325,41 | -304,24 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 6,25 | 0,003563 | 0,001781 | -343,12 | -345,99 | 0,0239 | 97,54 | 0,040 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-------|
| 1 | -2,29 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -0,19 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | -2,15 | 0,002036 | 0,002036 | 260,69 | 2,80 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 70 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | |
|----|-------|----------|----------|---------|---------|--------|------|-------|
| 3 | -2,00 | 0,002036 | 0,002036 | 260,69 | 5,30 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | -1,85 | 0,002036 | 0,002036 | 260,69 | 9,67 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | -1,70 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -30,52 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | -1,57 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -36,54 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | -1,43 | 0,002036 | 0,002036 | 260,69 | 32,31 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | -1,30 | 0,002036 | 0,002036 | 260,69 | 57,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | -1,12 | 0,002036 | 0,002545 | 265,85 | 229,85 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 0,00 | 0,003308 | 0,002036 | -273,58 | -238,64 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 0,15 | 0,002545 | 0,002036 | -265,85 | -191,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 0,30 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -159,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 0,45 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -134,26 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 0,60 | 0,002290 | 0,002036 | -263,27 | -113,56 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 0,75 | 0,002290 | 0,002036 | -263,27 | -97,97 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 0,90 | 0,002290 | 0,002036 | -263,27 | -90,53 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 1,03 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -86,64 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 1,17 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -79,38 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 1,30 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -70,12 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | 1,43 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -59,23 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 1,57 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -46,40 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 22 | 1,70 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -30,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 23 | 1,85 | 0,002036 | 0,002290 | -261,29 | -16,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 24 | 2,00 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -8,90 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 25 | 2,15 | 0,002036 | 0,002036 | -260,69 | -3,35 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 26 | 2,30 | 0,002036 | 0,002036 | 260,69 | 0,31 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

| Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale) | | | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----------------|------------|-------------------------------|
| Sezione | V _{Ed} | b | h | V _{Rd} | ESITO | Armatura a taglio |
| [-] | [kN] | [cm] | [cm] | [kN] | [-] | [-] |
| Paramento | 298 | 100 | 115 | 616 | verificato | Spilli $\Phi 14/40 \times 40$ |
| Fondazione | 525 | 100 | 100 | 822 | verificato | $\Phi 18/20$ |

VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 26 $\phi 24$ e staffa a spirale $\phi 14/20$
- Gabbia inferiore 18 $\phi 18$ e staffa a spirale $\phi 12/20$

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:

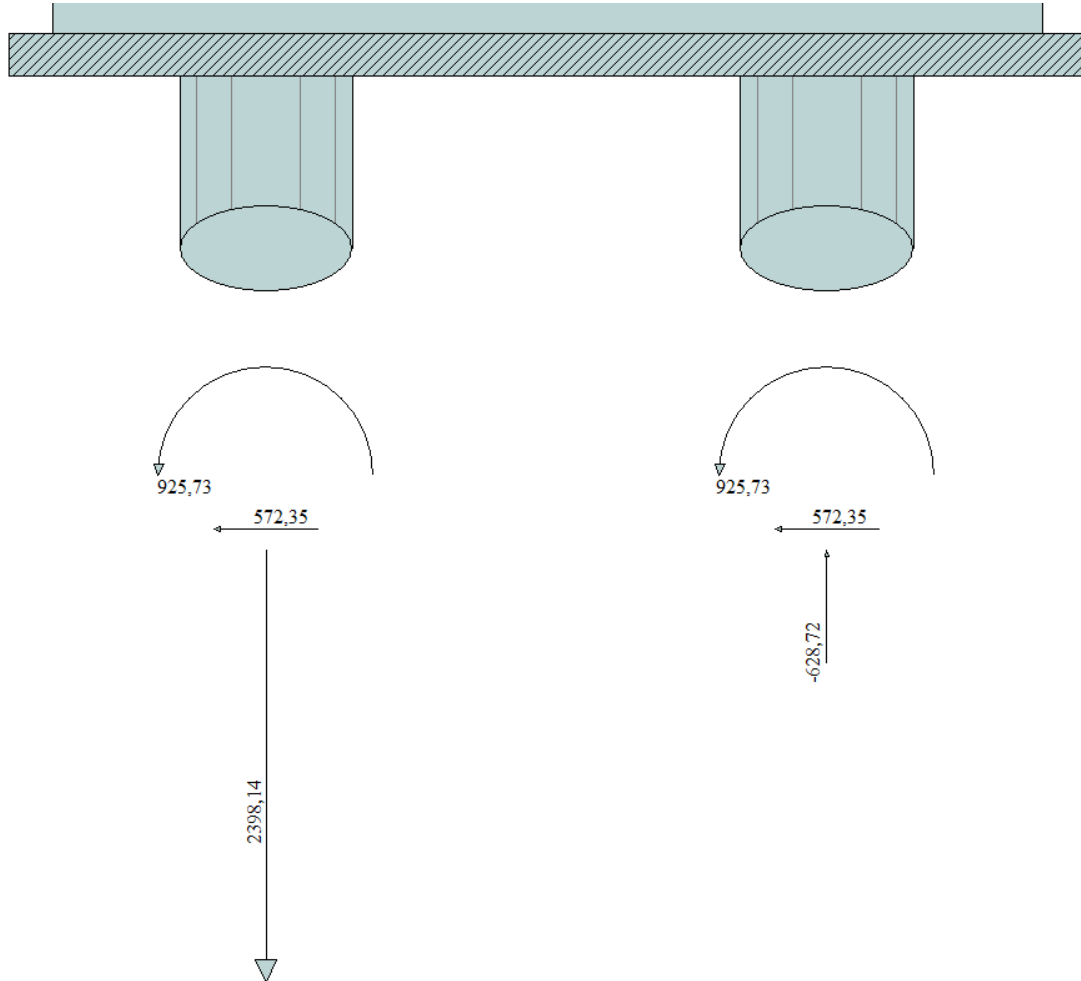
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 71 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

| Verifica a pressoflessione - SLU | | |
|----------------------------------|----------|----------------|
| $M_{Ed,Max}$ | M_{Rd} | c.s. Flessione |
| [kNm] | [kNm] | [-] |
| 925 | 1092 | 1.18 |

| Verifica a taglio - SLU | | |
|-------------------------|----------|-------------|
| $V_{Ed,Max}$ | V_{Rd} | c.s. Taglio |
| [kNm] | [kNm] | [-] |
| 596 | 679 | 1.14 |

| Verifica tensionale - SLE | | |
|---------------------------|------------------|------------------|
| Combo Rara | | |
| $M_{Ed,Max}$ | $\sigma_{C,MAX}$ | $\sigma_{S,MIN}$ |
| [kNm] | [MPa] | [MPa] |
| 522 | 10.3 | -190 |

| Verifica a fessurazione - SLE | | | |
|-------------------------------|-------|--------------|-------|
| Combo QP | | Combo F | |
| $M_{Ed,Max}$ | w | $M_{Ed,Max}$ | w |
| [kNm] | [mm] | [kNm] | [mm] |
| 395 | 0.170 | 490 | 0.235 |

11.3.3 Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 72 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate nella "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" – L0703212E02GE0001REL01, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$N_{Ed,Max} = 2398 \text{ kN}$; $N_{Ed,Min} = -628 \text{ kN}$

In definitiva si è assunto per il muro **Lpali = 14.00m**.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 73 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.4 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI TIPO 3

11.4.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata, K . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

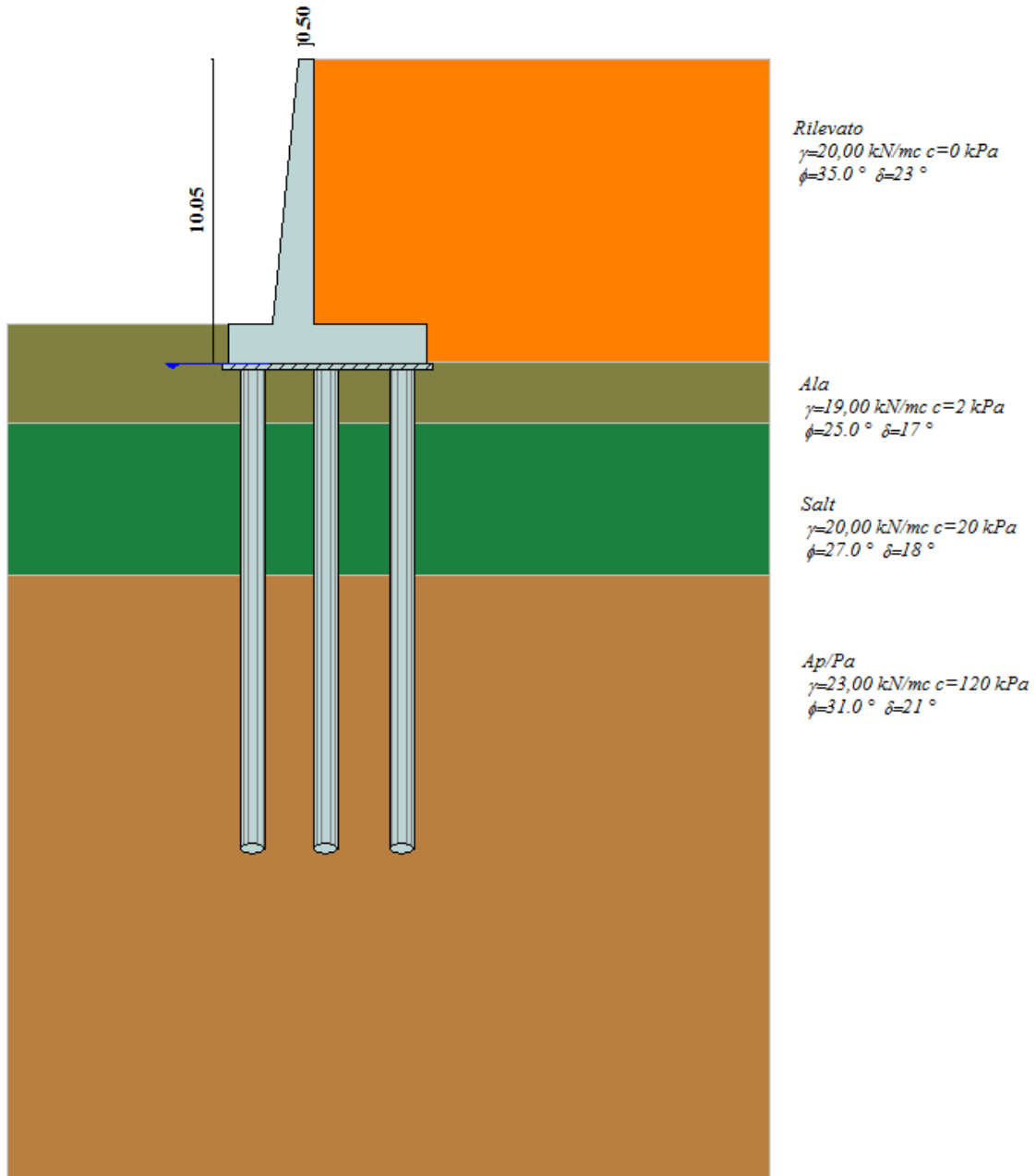
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 74 di 278 |



Modello di calcolo muro su PALI

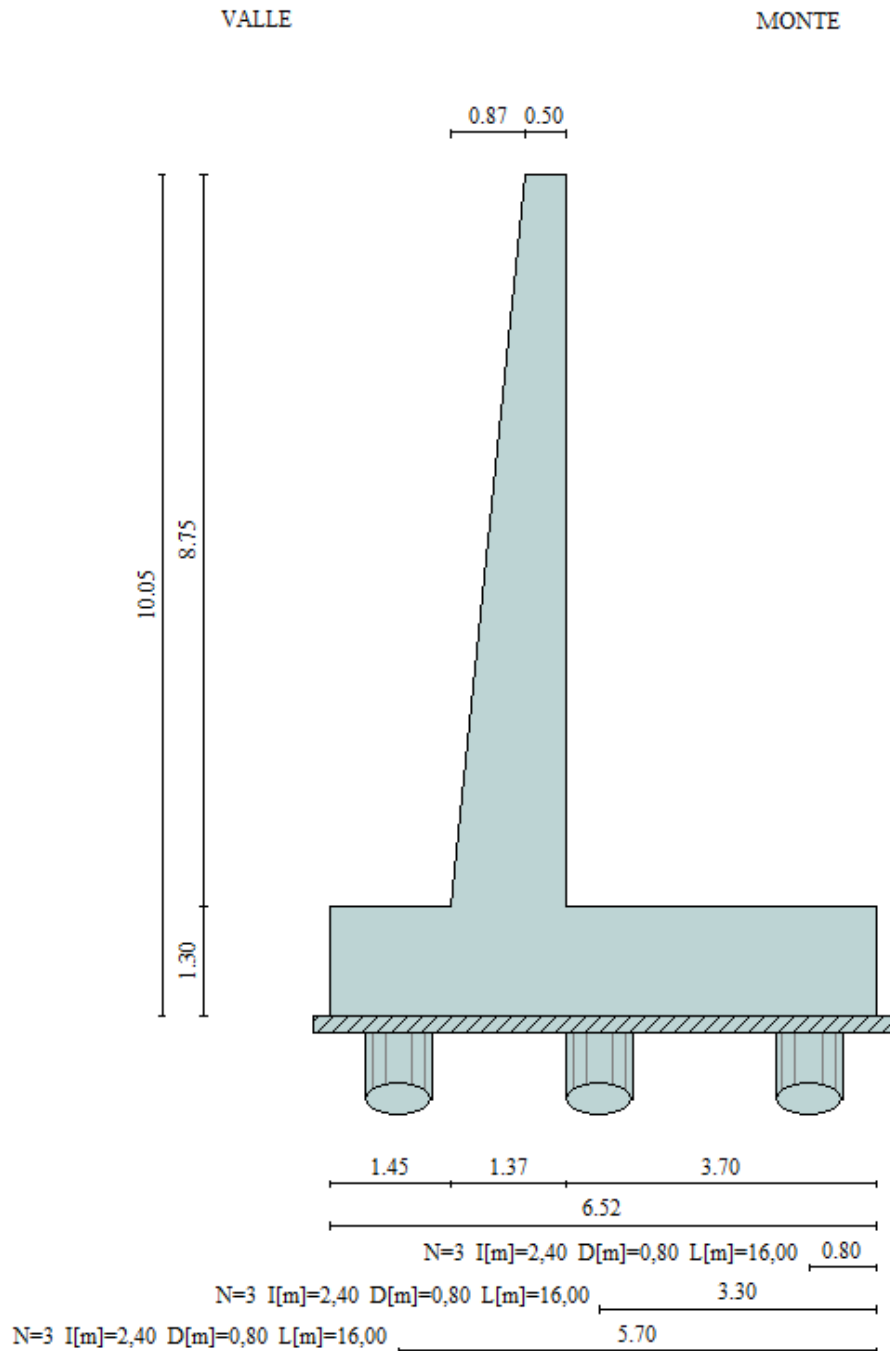
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 75 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



Geometria muro

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

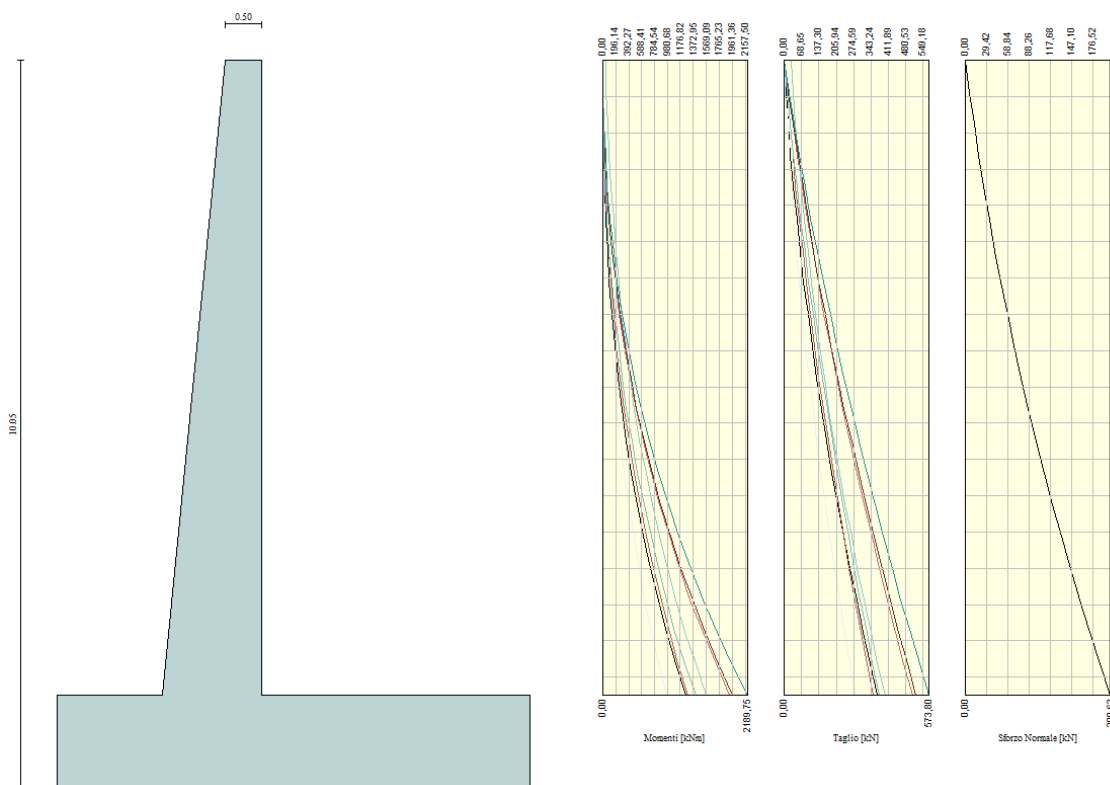
Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 76 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| Comb. | Tipo comb. | Sisma | FS (ribalt) | FS (scorr) | FS (quilt) | FS (stab) | Spinta[kN] | Incr. sism.[kN] |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|-----------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 509,5963 | 0,0000 |
| 2 | A1-M1 - [2] | -- | -- | -- | -- | -- | 590,2422 | 0,0000 |
| 3 | A1-M1 - [3] | -- | -- | -- | -- | -- | 509,5963 | 0,0000 |
| 4 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | -- | 391,9238 | 257,9446 |
| 5 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV positivo | -- | -- | -- | -- | 391,9238 | 329,0705 |
| 6 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 391,9238 | 0,0000 |
| 7 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 431,5300 | 0,0000 |
| 8 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- | 445,3218 | 0,0000 |

Azioni risultanti sul muro



Inviluppo sollecitazioni sul muro

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 77 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

11.4.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

| Elemento | Armatura a flessione | | Elemento | Armatura a flessione | |
|-----------|----------------------|------------|------------|----------------------|-----------------|
| | Lato monte | Lato valle | | Lato inferiore | Lato superiore |
| PARAMENTO | 1φ24/10 | 1φ22/20 | FONDAZIONE | 1φ24/10 | 1φ24/10+1φ24/20 |

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

Involuppo Sollecitazioni paramento

Involuppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 5,5965 | 1,6244 | 59,7494 | 7,8907 | 37,8907 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 11,6599 | 6,8205 | 78,0705 | 16,9104 | 46,9104 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 18,1901 | 16,0697 | 100,4447 | 27,0492 | 61,2510 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 25,1872 | 29,8507 | 127,3507 | 38,3049 | 83,6197 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 48,6419 | 159,2669 | 50,6774 | 106,9621 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 40,5819 | 72,9216 | 196,6716 | 64,1668 | 131,2782 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 48,9795 | 103,1681 | 240,0431 | 78,7731 | 156,5679 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 57,8439 | 139,8599 | 297,1247 | 94,4961 | 182,8314 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 67,1752 | 183,4752 | 381,6663 | 111,3360 | 210,0685 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 234,4925 | 478,1274 | 129,2928 | 238,2794 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 87,2384 | 293,3901 | 586,9236 | 148,3664 | 267,4639 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 97,9703 | 360,6464 | 708,4707 | 168,5568 | 297,6222 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 109,1690 | 436,7396 | 843,1844 | 189,8641 | 328,7541 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 120,8345 | 522,1483 | 991,4805 | 212,2882 | 360,8597 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 132,9669 | 617,3507 | 1153,7746 | 235,8292 | 393,9390 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 145,5662 | 722,8251 | 1330,4825 | 260,4870 | 427,9920 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 158,6323 | 839,0500 | 1522,0199 | 286,2617 | 463,0187 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 172,1652 | 966,5038 | 1728,8026 | 313,1532 | 499,0191 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 186,1650 | 1105,6647 | 1951,2463 | 341,1616 | 535,9932 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 200,6316 | 1256,9902 | 2189,7507 | 370,1081 | 573,8035 |

Involuppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 5,5965 | 1,2356 | 2,5117 | 6,0698 | 11,8830 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 11,6599 | 5,1891 | 10,2579 | 13,0080 | 24,5123 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 18,1901 | 12,2286 | 23,5520 | 20,8071 | 37,8731 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 25,1872 | 22,7199 | 42,7025 | 29,4653 | 51,9623 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 37,0286 | 68,0179 | 38,9827 | 66,7804 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 40,5819 | 55,5203 | 99,8069 | 49,3591 | 82,3279 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 78 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | |
|----|------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 48,9795 | 78,5605 | 138,3786 | 60,5947 | 98,6051 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 57,8439 | 106,5149 | 184,0419 | 72,6893 | 115,6126 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 67,1752 | 139,7491 | 237,1062 | 85,6431 | 133,3504 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 178,6286 | 297,8808 | 99,4560 | 151,8189 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 87,2384 | 223,5192 | 366,6752 | 114,1280 | 171,0185 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 97,9703 | 274,7863 | 443,7990 | 129,6591 | 190,9493 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 109,1690 | 332,7956 | 529,5619 | 146,0493 | 211,6116 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 120,8345 | 397,9127 | 624,2737 | 163,2987 | 233,0056 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 132,9669 | 470,5031 | 728,2444 | 181,4071 | 255,1313 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 145,5662 | 550,9326 | 841,7838 | 200,3746 | 277,9891 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 158,6323 | 639,5666 | 965,2020 | 220,2013 | 301,5791 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 172,1652 | 736,7708 | 1098,8091 | 240,8871 | 325,9013 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 186,1650 | 842,9108 | 1242,9152 | 262,4320 | 350,9560 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 200,6316 | 958,3361 | 1397,8169 | 284,6985 | 376,6259 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|-----------------|---|
| B | base della sezione espressa in [m] |
| H | altezza della sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq] |
| σ _c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ _c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ _{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ _{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| VRd | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,001527 | 0,001272 | 0,00 | 0,00 | 5,77 | 186,53 | -- | -- |
| 2 | 0,44 | 1,00, 0,54 | 0,004580 | 0,001272 | 77,90 | -831,70 | 13,92 | 281,54 | -- | -- |
| 3 | 0,88 | 1,00, 0,59 | 0,004580 | 0,001272 | 137,43 | -920,16 | 11,79 | 293,72 | -- | -- |
| 4 | 1,31 | 1,00, 0,63 | 0,004580 | 0,001272 | 182,49 | -1007,69 | 10,03 | 305,62 | -- | -- |
| 5 | 1,75 | 1,00, 0,67 | 0,004580 | 0,001272 | 216,55 | -1094,91 | 8,60 | 317,28 | -- | -- |
| 6 | 2,19 | 1,00, 0,72 | 0,004580 | 0,001272 | 242,26 | -1181,69 | 7,42 | 328,72 | -- | -- |
| 7 | 2,63 | 1,00, 0,76 | 0,004580 | 0,001272 | 261,64 | -1268,01 | 6,45 | 339,97 | -- | -- |
| 8 | 3,06 | 1,00, 0,81 | 0,004580 | 0,002290 | 280,31 | -1373,76 | 5,72 | 351,06 | -- | -- |
| 9 | 3,50 | 1,00, 0,85 | 0,004580 | 0,002290 | 283,70 | -1457,28 | 4,90 | 362,01 | -- | -- |
| 10 | 3,94 | 1,00, 0,89 | 0,004580 | 0,002290 | 270,23 | -1535,38 | 4,02 | 372,82 | -- | -- |
| 11 | 4,38 | 1,00, 0,94 | 0,004580 | 0,002290 | 259,84 | -1614,00 | 3,38 | 383,52 | -- | -- |
| 12 | 4,81 | 1,00, 0,98 | 0,004580 | 0,002290 | 251,64 | -1692,96 | 2,88 | 394,12 | -- | -- |
| 13 | 5,25 | 1,00, 1,02 | 0,004580 | 0,002290 | 245,07 | -1772,22 | 2,50 | 404,63 | -- | -- |
| 14 | 5,69 | 1,00, 1,07 | 0,004580 | 0,002290 | 239,75 | -1851,72 | 2,20 | 415,06 | -- | -- |
| 15 | 6,13 | 1,00, 1,11 | 0,004580 | 0,002290 | 235,39 | -1931,43 | 1,95 | 425,41 | -- | -- |
| 16 | 6,56 | 1,00, 1,16 | 0,004580 | 0,002290 | 231,79 | -2011,31 | 1,74 | 565,18 | 3515,50 | 565,18 |
| 17 | 7,00 | 1,00, 1,20 | 0,004580 | 0,002290 | 228,81 | -2091,34 | 1,57 | 587,32 | 3654,77 | 587,32 |
| 18 | 7,44 | 1,00, 1,24 | 0,004835 | 0,002290 | 238,40 | -2287,39 | 1,50 | 609,45 | 3794,14 | 609,45 |
| 19 | 7,88 | 1,00, 1,29 | 0,004835 | 0,002290 | 236,23 | -2372,09 | 1,37 | 1894,76 | 3933,61 | 1894,76 |
| 20 | 8,31 | 1,00, 1,33 | 0,004835 | 0,002290 | 234,41 | -2456,89 | 1,26 | 1961,17 | 4073,18 | 1961,17 |
| 21 | 8,75 | 1,00, 1,37 | 0,005598 | 0,002290 | 268,10 | -2926,09 | 1,34 | 4055,14 | 4212,86 | 4055,14 |

Inviluppo SLE

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fs} | σ _{fi} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 0,50 | 0,001527 | 0,001272 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 79 di 278 |

| | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|-----|--------|--------|
| 2 | 0,44 | 1,00, 0,54 | 0,004580 | 0,001272 | 60 | 28 | 765 | -765 |
| 3 | 0,88 | 1,00, 0,59 | 0,004580 | 0,001272 | 200 | 53 | 3603 | -2524 |
| 4 | 1,31 | 1,00, 0,63 | 0,004580 | 0,001272 | 397 | 75 | 8185 | -4992 |
| 5 | 1,75 | 1,00, 0,67 | 0,004580 | 0,001272 | 632 | 96 | 14241 | -7992 |
| 6 | 2,19 | 1,00, 0,72 | 0,004580 | 0,001272 | 898 | 116 | 21574 | -11397 |
| 7 | 2,63 | 1,00, 0,76 | 0,004580 | 0,001272 | 1184 | 134 | 30035 | -15118 |
| 8 | 3,06 | 1,00, 0,81 | 0,004580 | 0,002290 | 1398 | 152 | 39051 | -17835 |
| 9 | 3,50 | 1,00, 0,85 | 0,004580 | 0,002290 | 1699 | 168 | 49356 | -21780 |
| 10 | 3,94 | 1,00, 0,89 | 0,004580 | 0,002290 | 2010 | 184 | 60513 | -25896 |
| 11 | 4,38 | 1,00, 0,94 | 0,004580 | 0,002290 | 2330 | 199 | 72468 | -30156 |
| 12 | 4,81 | 1,00, 0,98 | 0,004580 | 0,002290 | 2657 | 214 | 85176 | -34540 |
| 13 | 5,25 | 1,00, 1,02 | 0,004580 | 0,002290 | 2991 | 228 | 98601 | -39034 |
| 14 | 5,69 | 1,00, 1,07 | 0,004580 | 0,002290 | 3330 | 242 | 112712 | -43624 |
| 15 | 6,13 | 1,00, 1,11 | 0,004580 | 0,002290 | 3675 | 256 | 127484 | -48300 |
| 16 | 6,56 | 1,00, 1,16 | 0,004580 | 0,002290 | 4023 | 269 | 142896 | -53056 |
| 17 | 7,00 | 1,00, 1,20 | 0,004580 | 0,002290 | 4376 | 282 | 158929 | -57884 |
| 18 | 7,44 | 1,00, 1,24 | 0,004835 | 0,002290 | 4647 | 295 | 166789 | -61837 |
| 19 | 7,88 | 1,00, 1,29 | 0,004835 | 0,002290 | 5000 | 308 | 183155 | -66709 |
| 20 | 8,31 | 1,00, 1,33 | 0,004835 | 0,002290 | 5356 | 320 | 200073 | -71638 |
| 21 | 8,75 | 1,00, 1,37 | 0,005598 | 0,002290 | 5439 | 332 | 189289 | -73457 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 808,68 | 376,64 | -- | -- |
| 2 | 0,21 | 1,00, 1,30 | 0,003563 | 0,002799 | 0,00 | -1693,53 | 69,75 | 376,64 | -- | -- |
| 3 | 0,42 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 24,17 | 376,64 | -- | -- |
| 4 | 0,62 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 11,38 | 3941,07 | 3941,07 | 4191,27 |
| 5 | 0,82 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | 1335,30 | 6,44 | 3941,07 | 3941,07 | 4191,27 |
| 6 | 1,02 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | 1335,30 | 4,13 | 3941,07 | 3941,07 | 4191,27 |
| 7 | 1,22 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | 1335,30 | 2,42 | 3929,62 | 3941,07 | 3929,62 |
| 8 | 1,45 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,003563 | 0,00 | 1693,53 | 1,52 | 3941,07 | 3941,07 | 7397,42 |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 9 | 0,00 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 4 | 7 | 200 | 236 |
| 10 | 0,21 | 1,00, 1,30 | 0,003563 | 0,002799 | 47 | 31 | 2841 | 1137 |
| 11 | 0,42 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 148 | 77 | 8083 | 8686 |
| 12 | 0,62 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 293 | 126 | 17138 | 11870 |
| 13 | 0,82 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 517 | 291 | 30289 | -6551 |
| 14 | 1,02 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 807 | 444 | 47271 | -10223 |
| 15 | 1,22 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 1389 | 593 | 81321 | -17587 |
| 16 | 1,45 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,003563 | 2601 | 585 | 131585 | -33599 |

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | 1335,30 | 1000,00 | 376,64 | -- | -- |
| 2 | 0,20 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 134,47 | 1397,09 | 3941,07 | 1397,09 |
| 3 | 0,40 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 43,72 | 1397,09 | 3941,07 | 1397,09 |
| 4 | 0,60 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 18,23 | 1397,09 | 3941,07 | 1397,09 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 80 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------------|----------|----------|------|----------|------|---------|---------|----------|
| 5 | 0,80 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 9,81 | 1397,09 | 3941,07 | 1397,09 |
| 6 | 1,00 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 6,08 | 1397,09 | 3941,07 | 1397,09 |
| 7 | 1,20 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 0,00 | -1335,30 | 4,14 | 1354,75 | 3941,07 | 1354,75 |
| 8 | 1,41 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 0,00 | -1454,98 | 3,20 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 9 | 1,63 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 0,00 | -1454,98 | 2,40 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 10 | 1,84 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 0,00 | -1454,98 | 1,90 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 11 | 2,05 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 0,00 | -1454,98 | 1,56 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 12 | 2,26 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 0,00 | -1454,98 | 1,31 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 13 | 2,47 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,003817 | 0,00 | -3233,66 | 2,49 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 14 | 2,69 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,002799 | 0,00 | -3217,35 | 2,15 | 3941,07 | 3941,07 | 5259,63 |
| 15 | 2,90 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,002799 | 0,00 | -3217,35 | 1,87 | 3941,07 | 3941,07 | 5419,01 |
| 16 | 3,10 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,002799 | 0,00 | -3217,35 | 1,67 | 3941,07 | 3941,07 | 5588,36 |
| 17 | 3,30 | 1,00, 1,30 | 0,005598 | 0,002799 | 0,00 | -2636,92 | 1,25 | 3941,07 | 3941,07 | 5588,36 |
| 18 | 3,50 | 1,00, 1,30 | 0,005598 | 0,002799 | 0,00 | -2636,92 | 1,17 | 3941,07 | 3941,07 | 5588,36 |
| 19 | 3,70 | 1,00, 1,30 | 0,006616 | 0,002799 | 0,00 | -3101,86 | 1,25 | 3941,07 | 3941,07 | 11176,71 |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 20 | 0,00 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 5 | 0 | 296 | -64 |
| 21 | 0,20 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 38 | 0 | -478 | 2210 |
| 22 | 0,40 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 133 | 0 | -1686 | 7794 |
| 23 | 0,60 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 275 | 0 | -3480 | 16093 |
| 24 | 0,80 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 359 | 0 | -4542 | 21001 |
| 25 | 1,00 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 404 | 1 | -5123 | 23686 |
| 26 | 1,20 | 1,00, 1,30 | 0,002799 | 0,002799 | 389 | 31 | -4931 | 22801 |
| 27 | 1,41 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 424 | 5 | -5405 | 23534 |
| 28 | 1,63 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 546 | 0 | -6973 | 30360 |
| 29 | 1,84 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 715 | 0 | -9129 | 39747 |
| 30 | 2,05 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 939 | 0 | -11977 | 52149 |
| 31 | 2,26 | 1,00, 1,30 | 0,003054 | 0,002799 | 1217 | 0 | -15535 | 67639 |
| 32 | 2,47 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,003817 | 1119 | 0 | -15016 | 39152 |
| 33 | 2,69 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,002799 | 1467 | 0 | -19741 | 49471 |
| 34 | 2,90 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,002799 | 1892 | 0 | -25457 | 63795 |
| 35 | 3,10 | 1,00, 1,30 | 0,006871 | 0,002799 | 2272 | 0 | -30564 | 76594 |
| 36 | 3,30 | 1,00, 1,30 | 0,005598 | 0,002799 | 2699 | 0 | -35922 | 103425 |
| 37 | 3,50 | 1,00, 1,30 | 0,005598 | 0,002799 | 2974 | 39 | -39575 | 113945 |
| 38 | 3,70 | 1,00, 1,30 | 0,006616 | 0,002799 | 3365 | 179 | -45182 | 116161 |

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | s _m | w |
|----|------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 0,001527 | 0,001272 | -66,67 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 0,44 | 0,004580 | 0,001272 | -93,16 | -1,24 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | 0,88 | 0,004580 | 0,001272 | -107,22 | -5,19 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | 1,31 | 0,004580 | 0,001272 | -122,18 | -12,23 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | 1,75 | 0,004580 | 0,001272 | -138,05 | -22,72 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | 2,19 | 0,004580 | 0,001272 | -154,81 | -37,03 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | 2,63 | 0,004580 | 0,001272 | -172,46 | -55,52 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | 3,06 | 0,004580 | 0,002290 | -192,99 | -78,56 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | 3,50 | 0,004580 | 0,002290 | -212,58 | -106,51 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 3,94 | 0,004580 | 0,002290 | -233,07 | -139,75 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 4,38 | 0,004580 | 0,002290 | -254,46 | -178,63 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 4,81 | 0,004580 | 0,002290 | -276,74 | -223,52 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 5,25 | 0,004580 | 0,002290 | -299,93 | -274,79 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 5,69 | 0,004580 | 0,002290 | -324,01 | -332,80 | 0,0196 | 88,66 | 0,029 |
| 15 | 6,13 | 0,004580 | 0,002290 | -348,99 | -397,91 | 0,0225 | 88,66 | 0,034 |
| 16 | 6,56 | 0,004580 | 0,002290 | -374,87 | -470,50 | 0,0258 | 88,66 | 0,039 |
| 17 | 7,00 | 0,004580 | 0,002290 | -401,64 | -550,93 | 0,0324 | 88,66 | 0,049 |
| 18 | 7,44 | 0,004835 | 0,002290 | -432,60 | -639,57 | 0,0370 | 87,04 | 0,055 |
| 19 | 7,88 | 0,004835 | 0,002290 | -461,29 | -736,77 | 0,0435 | 87,04 | 0,064 |
| 20 | 8,31 | 0,004835 | 0,002290 | -490,89 | -842,91 | 0,0503 | 87,04 | 0,074 |
| 21 | 8,75 | 0,005598 | 0,002290 | -532,35 | -958,34 | 0,0495 | 83,07 | 0,070 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 81 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|----------------|----------------|-------|
| 1 | -2,82 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -0,66 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | -2,61 | 0,003563 | 0,002799 | 447,20 | 8,10 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | -2,40 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -25,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | -2,20 | 0,002799 | 0,002799 | 444,74 | 48,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | -2,00 | 0,002799 | 0,002799 | 444,74 | 85,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | -1,80 | 0,002799 | 0,002799 | 444,74 | 133,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | -1,60 | 0,002799 | 0,002799 | 444,74 | 230,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | -1,37 | 0,002799 | 0,003563 | 455,12 | 472,93 | 0,0329 | 97,54 | 0,055 |
| 9 | 0,00 | 0,006616 | 0,002799 | -496,53 | -708,97 | 0,0347 | 79,22 | 0,047 |
| 10 | 0,20 | 0,005598 | 0,002799 | -482,75 | -592,93 | 0,0304 | 83,07 | 0,043 |
| 11 | 0,40 | 0,005598 | 0,002799 | -482,75 | -541,80 | 0,0252 | 83,07 | 0,036 |
| 12 | 0,60 | 0,006871 | 0,002799 | -499,98 | -490,88 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 0,80 | 0,006871 | 0,002799 | -499,98 | -409,89 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 1,01 | 0,006871 | 0,002799 | -499,98 | -318,05 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 1,23 | 0,006871 | 0,003817 | -503,50 | -254,18 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 1,44 | 0,003054 | 0,002799 | -448,20 | -200,85 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 1,65 | 0,003054 | 0,002799 | -448,20 | -155,53 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 1,86 | 0,003054 | 0,002799 | -448,20 | -119,09 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 2,08 | 0,003054 | 0,002799 | -448,20 | -91,39 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | 2,29 | 0,003054 | 0,002799 | -448,20 | -71,10 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 2,50 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -63,21 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 22 | 2,70 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -65,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 23 | 2,90 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -57,84 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 24 | 3,10 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -44,23 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 25 | 3,30 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -21,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 26 | 3,50 | 0,002799 | 0,002799 | -444,74 | -6,06 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 27 | 3,70 | 0,002799 | 0,002799 | 444,74 | 0,81 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

| Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale) | | | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----------------|------------|-------------------|
| Sezione | V _{Ed} | b | h | V _{Rd} | ESITO | Armatura a taglio |
| [-] | [kN] | [cm] | [cm] | [kN] | [-] | [-] |
| Paramento | 591 | 100 | 130 | 1090 | verificato | Spilli Φ14/40x40 |
| Fondazione | 1212 | 100 | 135 | 1353 | verificato | Φ2020 |

VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 29φ26 e staffa a spirale φ14/10
- Gabbia inferiore 18φ20 e staffa a spirale φ14/20

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:

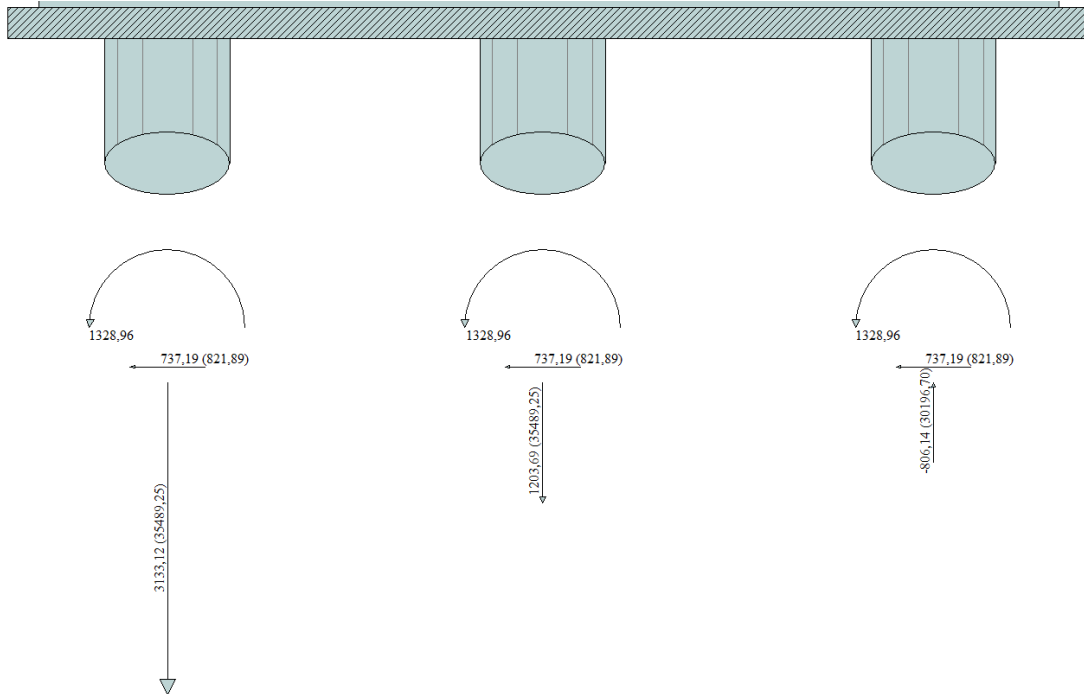
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 82 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

| Verifica a pressoflessione - SLU | | |
|----------------------------------|----------|----------------|
| $M_{Ed,Max}$ | M_{Rd} | c.s. Flessione |
| [kNm] | [kNm] | [-] |
| 1328 | 1395 | 1.05 |

| Verifica a taglio - SLU | | |
|-------------------------|----------|-------------|
| $V_{Ed,Max}$ | V_{Rd} | c.s. Taglio |
| [kNm] | [kNm] | [-] |
| 737 | 1097 | 1.49 |

| Verifica tensionale - SLE | | |
|---------------------------|------------------|------------------|
| Combo Rara | | |
| $M_{Ed,Max}$ | $\sigma_{c,MAX}$ | $\sigma_{s,MIN}$ |
| [kNm] | [MPa] | [MPa] |
| 617 | 10.6 | -167 |

| Verifica a fessurazione - SLE | | | |
|-------------------------------|-------|--------------|-------|
| Combo QP | | Combo F | |
| $M_{Ed,Max}$ | w | $M_{Ed,Max}$ | w |
| [kNm] | [mm] | [kNm] | [mm] |
| 542 | 0.182 | 598 | 0.196 |

11.4.3 Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate nella "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" – L0703212E02GE0001REL01, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$N_{Ed,Max} = 3133 \text{ kN}$; $N_{Ed,Min} = -806 \text{ kN}$

In definitiva si è assunto per il muro **Lpali = 16.00m**.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 83 di 278 |

11.5 VERIFICA LOCALE DEL CORDOLO PER AZIONI D'URTO

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Le azioni di progetto sono state definite secondo le indicazioni del paragrafo 3.6.3.3.2 delle NTC08. Il carico di progetto è costituito da una forza orizzontale di $F=100$ KN, applicata alla quota minima fra 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d= 0.90$ m dalla base della barriera. Lo spessore del cordolo è pari ad $s = 0.50$.

Verifica delle staffe disposte all'interno del cordolo

La funzione di tali staffe è duplice:

- Equilibrare l'azione orizzontale F ;
- Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.

La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 14/20$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

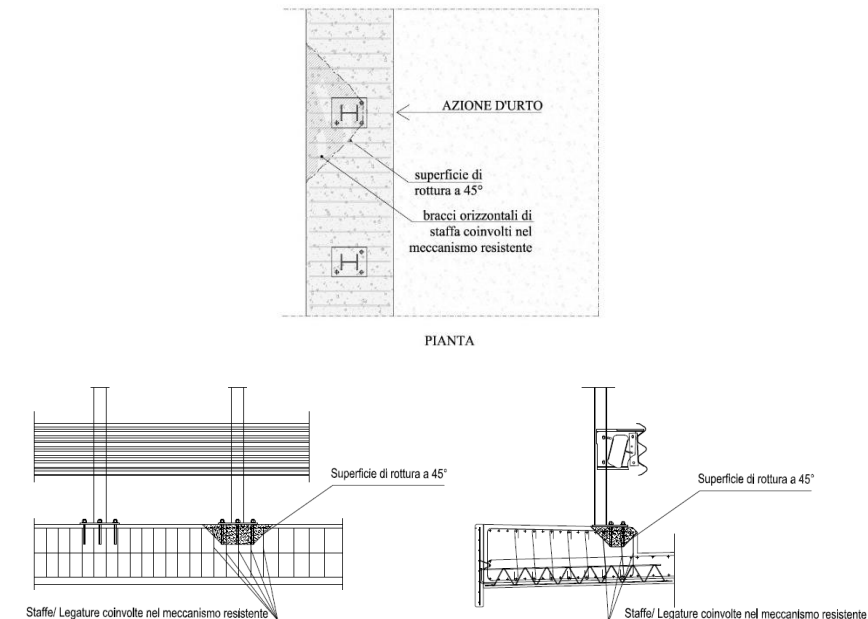


Figura 2 – Meccanismi di rottura locali per azioni d'urto

La trazione T_d dei tirafondi della barriera è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e dalle legature.

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a 0.22 m e un'altezza della forza d'urto sopra tale piastra di 0.90 m, si stima T_d come:

$$T_d = 0.90m \cdot N / 0.22m = 409 \text{ kN}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 84 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Avendo disposto le staffe e legature $\Phi 14/20$ ed ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.15 m), risulta che i bracci verticali compresi nel cono di rottura sono disposti su 3 filari per un numero complessivo pari a:

$$n = 3 \cdot (2 \cdot 0.15 \text{ m} + 2 \cdot 0.19 \text{ m}) / 20 \text{ cm} = 10.2 \text{ bracci}$$

che corrisponde ad una trazione resistente pari a :

$$T_r = n \cdot 154.1 \cdot f_{yd} \cdot 10^{-3} = 614 \text{ kN} > T_d$$



QUADRILATERO
Merche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 85 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

ALLEGATO

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 1

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 86 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 87 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} * (k_h / (1 \pm k_v))\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 88 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_r/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_H W \quad F_{IV} = \pm k_V W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Eseguito il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 89 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_r l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_r + c_a B_r$$

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppatasi lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo ρ (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta N la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, Q l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, S_p la resistenza passiva, L_c l'ampiezza del cuneo e indicando con δ_r l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = (N-Q) \operatorname{tg} \delta_r + S_p + c_a L_r$$

con $L_r = B_r - L_c$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_r , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_r pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c,ic} + q N_q d_{q,iq} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma,i\gamma}$$

In questa espressione

| | |
|----------|--|
| c | coesione del terreno in fondazione; |
| ϕ | angolo di attrito del terreno in fondazione; |
| γ | peso di volume del terreno in fondazione; |
| B | larghezza della fondazione; |
| D | profondità del piano di posa; |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 90 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\circ$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 91 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 92 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

| | |
|---------------------|--|
| γ_{Gsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Gfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Qsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili |
| γ_{Qfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato |
| γ_c | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata |
| γ_{cu} | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata |
| γ_{qu} | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo |
| γ_γ | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce |

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,30 | 1,00 | 1,10 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

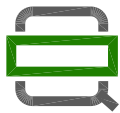
| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

| | Coefficienti parziali | | |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 |
| Capacità portante della fondazione | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale | | 1,10 | |



QUADRILATERO
Merche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 93 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 94 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Geometria muro e fondazione

| Descrizione | Muro a mensola in c.a. |
|---|------------------------|
| Altezza del paramento | 3,00 [m] |
| Spessore in sommità | 0,50 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 0,80 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 5,70 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0,00 [°] |
| Lunghezza del muro | 10,00 [m] |
| <u>Fondazione</u> | |
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 0,95 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 2,05 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 3,80 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°] |
| Spessore fondazione | 0,60 [m] |
| Spessore magrone | 0,20 [m] |
| Altezza dello sperone di fondazione | 1,20 [m] |
| Spessore dello sperone di fondazione | 0,50 [m] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 95 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico 24,517 [kN/mc]

Classe di Resistenza C25/30

Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 30000 [kPa]

Modulo elastico E 31447048 [kPa]

Acciaio

Tipo B450C

Tensione di snervamento σ_{fa} 449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

| N | X | Y | A |
|---|------|------|------|
| 1 | 6,35 | 0,00 | 0,00 |

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]
 Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,20 [m]

Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 0,00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

| Nr. | Descrizione terreno | Indice del terreno |
|------------|---|--------------------|
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] | |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] | |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] | |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] | |
| c | Coesione espressa in [kPa] | |
| c_a | Adesione terra-muro espressa in [kPa] | |

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35,00 | 17,50 | 0,0 | 0,0 |
| Fondazione | 20,00 | 20,00 | 25,00 | 18,00 | 10,0 | 0,0 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 96 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Stratigrafia

Simbologia adottata

| | |
|----------------|--|
| <i>N</i> | Indice dello strato |
| <i>H</i> | Spessore dello strato espresso in [m] |
| <i>a</i> | Inclinazione espressa in [°] |
| <i>Kw</i> | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm |
| <i>Ks</i> | Coefficiente di spinta |
| <i>Terreno</i> | Terreno dello strato |

| Nr. | H | a | Kw | Ks | Terreno |
|------------|----------|----------|-----------|-----------|----------------|
| 1 | 3,40 | 0,00 | 10,20 | 50,00 | Rilevato |
| 2 | 10,00 | 0,00 | 2,86 | 50,00 | Fondazione |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 97 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m] |
| D/C | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato |

Condizione n° 1 (SOVRACCARICO STRADALE)

| | | | | | |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|
| D | Profilo | $X_i=0,00$ | $X_f=6,00$ | $Q_i=60,0000$ | $Q_f=20,0000$ |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|

Condizione n° 2 (URTO)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|----------|---------------|--------------|
| C | Paramento | $X=0,00$ | $Y=0,00$ | $F_x=20,0000$ | $F_y=0,0000$ |
| | | $M=30,0000$ | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 98 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| F/S | Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole) |
| γ | Coefficiente di partecipazione della condizione |
| Ψ | Coefficiente di combinazione della condizione |

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 0,90 | 1.00 | 0,90 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 0,90 | 1.00 | 0,90 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,10 | 1.00 | 1,10 |

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,50 | 1.00 | 1,50 |

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 0,90 | 1.00 | 0,90 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 0,90 | 1.00 | 0,90 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,10 | 1.00 | 1,10 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,50 | 1.00 | 1,50 |

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| URTO | SFAV | 1,50 | 1.00 | 1,50 |

Combinazione n° 8 - Caso EQU (SLU)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 0,90 | 1.00 | 0,90 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 0,90 | 1.00 | 0,90 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,10 | 1.00 | 1,10 |
| URTO | SFAV | 1,50 | 1.00 | 1,50 |

Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 99 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------------|

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| URTO | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 11 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 12 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 13 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 14 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 15 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 16 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 17 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 18 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,00 | 0,75 | 0,75 |

Combinazione n° 19 - Rara (SLE)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 100 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio | 1.15 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza per la sezione | 1.00 |

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza

metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 101 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------------|---|
| C | Identificativo della combinazione |
| Tipo | Tipo combinazione |
| Sisma | Combinazione sismica |
| CS_{SCO} | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| CS_{RIB} | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| CS_{QUIM} | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| CS_{STAB} | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |

| C | Tipo | Sisma | CS_{SCO} | CS_{RIB} | CS_{qlim} | CS_{STAB} |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | 2,11 | -- | 5,73 | -- |
| 2 | EQU - [1] | -- | -- | 6,13 | -- | -- |
| 3 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 2,15 |
| 4 | A1-M1 - [2] | -- | 1,71 | -- | 3,02 | -- |
| 5 | EQU - [2] | -- | -- | 5,05 | -- | -- |
| 6 | STAB - [2] | -- | -- | -- | -- | 1,42 |
| 7 | A1-M1 - [3] | -- | 1,51 | -- | 3,66 | -- |
| 8 | EQU - [3] | -- | -- | 2,25 | -- | -- |
| 9 | STAB - [3] | -- | -- | -- | -- | 2,15 |
| 10 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale negativo | 1,76 | -- | 5,69 | -- |
| 11 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | 1,77 | -- | 5,31 | -- |
| 12 | EQU - [4] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | 4,30 | -- | -- |
| 13 | EQU - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | 4,99 | -- | -- |
| 14 | STAB - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | 1,79 |
| 15 | STAB - [4] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | 1,79 |
| 16 | A1-M1 - [5] | Orizzontale + Verticale positivo | 1,77 | -- | 5,31 | -- |
| 17 | SLEQ - [1] | -- | 2,73 | -- | 6,32 | -- |
| 18 | SLEF - [1] | -- | 2,20 | -- | 4,26 | -- |
| 19 | SLER - [1] | -- | 2,10 | -- | 3,83 | -- |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 102 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Bishop

Spinta a riposo

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

2.06 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.19

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (β_m)

0.31

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 7.73$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 3.87$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g

0.00 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.20

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (β_m)

0.18

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

50,0

Lunghezza del muro

10,00 [m]

Peso muro

118,3883 [kN]

Baricentro del muro

X=-0,09 Y=-2,73

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 2,05 Y = -3,60

Punto superiore superficie di spinta

X = 2,05 Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

3,60 [m]

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)

0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica

65,1890 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

62,1638 [kN]

Componente verticale della spinta statica

19,6282 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 2,05 [m] Y = -2,19 [m]

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 103 di 278 |

| | | | | | | | | |
|--|----------|-----|--|--|--|-----------|--|-----|
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | | | | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,90 | [°] | | | | | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | | | | Y = -3,60 | | [m] |

| | | | | | | | | |
|---|----------|------|--|--|--|-----------|--|-----|
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | | | | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | | | | Y = -1,50 | | [m] |

Risultanti

| | | | | | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|--|--|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 62,1638 | [kN] | | | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 261,0166 | [kN] | | | | | | |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] | | | | | | |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -63,4246 | [kN] | | | | | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 261,0166 | [kN] | | | | | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 62,1638 | [kN] | | | | | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,11 | [m] | | | | | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] | | | | | | |
| Risultante in fondazione | 268,3169 | [kN] | | | | | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 13,40 | [°] | | | | | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -28,2766 | [kNm] | | | | | | |
| Carico ultimo della fondazione | 1495,1499 | [kN] | | | | | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | | | | | |
|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] | | | | | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 56,95 | [kPa] | | | | | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 80,45 | [kPa] | | | | | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,72$ | $i_q = 0,72$ | $i_\gamma = 0,22$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 16.69$ | $N'_q = 8.16$ | $N'_\gamma = 1.54$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 2.11 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 5.73 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 104 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,0659 | 0,9953 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,2775 | 2,1325 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 0,6555 | 3,4078 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 1,2200 | 4,8204 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 1,9912 | 6,3703 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 2,9894 | 8,0576 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 4,2346 | 9,8822 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 5,7472 | 11,8441 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 7,5472 | 13,9433 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 9,6548 | 16,1798 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 12,0903 | 18,5537 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 14,8738 | 21,0649 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 18,0255 | 23,7134 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 21,5655 | 26,4992 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 25,5142 | 29,4223 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 29,8916 | 32,4827 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 34,7179 | 35,6805 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 40,0134 | 39,0156 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 45,7982 | 42,4880 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 52,0916 | 46,0757 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,1915 | 4,0403 |
| 3 | 0,19 | 0,7694 | 8,1365 |
| 4 | 0,28 | 1,7392 | 12,2884 |
| 5 | 0,38 | 3,1060 | 16,4962 |
| 6 | 0,48 | 4,8752 | 20,7599 |
| 7 | 0,57 | 7,0521 | 25,0794 |
| 8 | 0,67 | 9,6421 | 29,4547 |
| 9 | 0,76 | 12,6503 | 33,8858 |
| 10 | 0,85 | 16,0821 | 38,3728 |
| 11 | 0,95 | 19,9429 | 42,9156 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 105 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -0,2665 | -2,6430 |
| 3 | 0,41 | -1,1014 | -5,5461 |
| 4 | 0,61 | -2,5581 | -8,7091 |
| 5 | 0,82 | -4,6899 | -12,1321 |
| 6 | 1,02 | -7,5501 | -15,8151 |
| 7 | 1,23 | -11,1919 | -19,7581 |
| 8 | 1,43 | -15,6686 | -23,9611 |
| 9 | 1,64 | -21,0337 | -28,4241 |
| 10 | 1,84 | -27,3403 | -33,1470 |
| 11 | 2,05 | -34,6417 | -38,1300 |

COMBINAZIONE n° 2

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 65,8433 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 63,8381 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 16,1256 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,21 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 14,18 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 50,20 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 110,7000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 63,8381 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 233,3751 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -5,9750 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -47,9324 | [kN] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 88,8521 | [kNm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 544,8309 | [kNm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 233,3751 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 63,8381 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,05 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 241,9488 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 15,30 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -12,6315 | [kNm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 6.13 |
|--|------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 106 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|----------|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| ϕ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,45 Y[m]= 0,72

Raggio del cerchio R[m]= 5,71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,95

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,22

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 2.15

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | $\alpha(^{\circ})$ | Wsin α | b/cos α | ϕ | c | u |
|----------|---------|--------------------|---------------|----------------|--------|---|----|
| 1 | 6,0689 | 74.73 | 5,8547 | 0,0152 | 29.26 | 0 | 0 |
| 2 | 15,3504 | 62.72 | 13,6430 | 0,0087 | 29.26 | 0 | 0 |
| 3 | 20,9048 | 54.72 | 17,0657 | 0,0069 | 29.26 | 0 | 0 |
| 4 | 25,0947 | 48.12 | 18,6850 | 0,0060 | 29.26 | 0 | 0 |
| 5 | 28,4503 | 42.30 | 19,1477 | 0,0054 | 22.61 | 6 | 0 |
| 6 | 31,9361 | 36.98 | 19,2114 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 2 |
| 7 | 34,5923 | 32.02 | 18,3391 | 0,0047 | 20.46 | 8 | 5 |
| 8 | 36,4836 | 27.31 | 16,7376 | 0,0045 | 20.46 | 8 | 7 |
| 9 | 38,0353 | 22.79 | 14,7353 | 0,0043 | 20.46 | 8 | 9 |
| 10 | 39,2835 | 18.43 | 12,4162 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 11 |
| 11 | 45,0863 | 14.17 | 11,0339 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 12 |
| 12 | 44,5946 | 9.99 | 7,7326 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 13 |
| 13 | 20,4480 | 5.86 | 2,0871 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 13 |
| 14 | 18,8520 | 1.76 | 0,5796 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 14 |
| 15 | 18,4741 | -2.33 | -0,7497 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 14 |
| 16 | 17,4787 | -6.43 | -1,9559 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 13 |
| 17 | 16,9833 | -10.56 | -3,1119 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 13 |
| 18 | 16,2384 | -14.75 | -4,1337 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 12 |
| 19 | 15,2311 | -19.02 | -4,9638 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 11 |
| 20 | 13,9428 | -23.41 | -5,5388 | 0,0043 | 20.46 | 8 | 9 |
| 21 | 12,3468 | -27.94 | -5,7858 | 0,0045 | 20.46 | 8 | 7 |
| 22 | 10,4050 | -32.68 | -5,6186 | 0,0047 | 20.46 | 8 | 5 |
| 23 | 8,0619 | -37.69 | -4,9291 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 2 |
| 24 | 5,2330 | -43.07 | -3,5735 | 0,0055 | 20.46 | 8 | 0 |
| 25 | 1,7799 | -48.98 | -1,3428 | 0,0061 | 29.26 | 0 | 0 |

$\Sigma W_i = 541,3560$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 135,5654$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 216,1316$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.90$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 107 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 118,9184 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 113,4015 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 35,8006 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -1,99 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,21 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 286,4875 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 113,4015 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 440,6764 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -78,2413 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 440,6764 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 113,4015 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,24 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 455,0336 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 14,43 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -106,6225 | [kNm] |
| Carico ultimo della fondazione | 1332,2991 | [kN] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|--------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 71,67 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 160,30 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,71$ | $i_q = 0,71$ | $i_\gamma = 0,18$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 16.24$ | $N'_q = 7.94$ | $N'_\gamma = 1.28$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.71 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 3.02 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 108 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,3012 | 4,1307 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 1,2174 | 8,3876 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 2,7659 | 12,7552 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 4,9626 | 17,2296 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 7,8229 | 21,8109 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 11,3626 | 26,4993 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 15,5973 | 31,2949 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 20,5427 | 36,1976 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 26,2144 | 41,2077 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 32,6281 | 46,3252 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 39,7996 | 51,5502 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 47,7446 | 56,8827 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 56,4787 | 62,3228 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 66,0177 | 67,8707 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 76,3774 | 73,5262 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 87,5735 | 79,2896 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 99,6217 | 85,1608 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 112,5379 | 91,1400 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 126,3378 | 97,2271 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 141,0365 | 103,4050 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,2604 | 5,5163 |
| 3 | 0,19 | 1,0548 | 11,2431 |
| 4 | 0,28 | 2,4032 | 17,1805 |
| 5 | 0,38 | 4,3257 | 23,3284 |
| 6 | 0,48 | 6,8423 | 29,6869 |
| 7 | 0,57 | 9,9729 | 36,2558 |
| 8 | 0,67 | 13,7376 | 43,0353 |
| 9 | 0,76 | 18,1563 | 50,0254 |
| 10 | 0,85 | 23,2491 | 57,2259 |
| 11 | 0,95 | 29,0359 | 64,6370 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 109 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -0,0880 | -1,0918 |
| 3 | 0,41 | -0,5433 | -3,5841 |
| 4 | 0,61 | -1,6532 | -7,4771 |
| 5 | 0,82 | -3,7046 | -12,7706 |
| 6 | 1,02 | -6,9849 | -19,4648 |
| 7 | 1,23 | -11,7809 | -27,5595 |
| 8 | 1,43 | -18,3800 | -37,0549 |
| 9 | 1,64 | -27,0691 | -47,9508 |
| 10 | 1,84 | -38,1355 | -60,2473 |
| 11 | 2,05 | -51,8662 | -73,9445 |

COMBINAZIONE n° 5

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 132,0909 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 128,0700 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 32,3432 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -1,96 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 14,17 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,33 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 274,1875 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 128,0700 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 413,0802 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -5,9750 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -63,0991 | [kN] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 209,7621 | [kNm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 1060,0351 | [kNm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 413,0802 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 128,0700 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,16 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 432,4780 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 17,23 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -65,5363 | [kNm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 5.05 |
|--|------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 110 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|----------|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| ϕ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,81 Y[m]= 0,72

Raggio del cerchio R[m]= 5,81

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,44

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,96

Larghezza della striscia dx[m]= 0,42

Coefficiente di sicurezza C= 1.42

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | $\alpha(^{\circ})$ | Wsin α | b/cos α | ϕ | c | u |
|----------|---------|--------------------|---------------|----------------|--------|---|----|
| 1 | 25,3030 | 74.81 | 24,4195 | 0,0156 | 29.26 | 0 | 0 |
| 2 | 36,5401 | 62.68 | 32,4629 | 0,0089 | 29.26 | 0 | 0 |
| 3 | 43,8370 | 54.65 | 35,7566 | 0,0071 | 29.26 | 0 | 0 |
| 4 | 49,7076 | 48.04 | 36,9610 | 0,0061 | 29.26 | 0 | 0 |
| 5 | 55,1617 | 42.20 | 37,0511 | 0,0055 | 20.72 | 8 | 0 |
| 6 | 60,2053 | 36.86 | 36,1168 | 0,0051 | 20.46 | 8 | 3 |
| 7 | 64,0833 | 31.88 | 33,8461 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 6 |
| 8 | 67,5510 | 27.16 | 30,8338 | 0,0046 | 20.46 | 8 | 8 |
| 9 | 70,6634 | 22.63 | 27,1890 | 0,0044 | 20.46 | 8 | 10 |
| 10 | 61,5289 | 18.25 | 19,2645 | 0,0043 | 20.46 | 8 | 12 |
| 11 | 47,6622 | 13.97 | 11,5072 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 13 |
| 12 | 22,9114 | 9.77 | 3,8898 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 14 |
| 13 | 19,9172 | 5.63 | 1,9543 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 14 |
| 14 | 19,8233 | 1.52 | 0,5248 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 15 |
| 15 | 18,9734 | -2.59 | -0,8572 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 15 |
| 16 | 18,6913 | -6.71 | -2,1837 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 14 |
| 17 | 18,1550 | -10.86 | -3,4219 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 14 |
| 18 | 17,3557 | -15.08 | -4,5150 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 13 |
| 19 | 16,2796 | -19.38 | -5,4017 | 0,0043 | 20.46 | 8 | 11 |
| 20 | 14,9063 | -23.80 | -6,0144 | 0,0045 | 20.46 | 8 | 10 |
| 21 | 13,2068 | -28.37 | -6,2755 | 0,0046 | 20.46 | 8 | 8 |
| 22 | 11,1396 | -33.15 | -6,0921 | 0,0049 | 20.46 | 8 | 5 |
| 23 | 8,6439 | -38.22 | -5,3474 | 0,0052 | 20.46 | 8 | 2 |
| 24 | 5,6263 | -43.66 | -3,8846 | 0,0056 | 20.46 | 8 | 0 |
| 25 | 1,9319 | -49.67 | -1,4728 | 0,0063 | 29.26 | 0 | 0 |

$\Sigma W_i = 789,8051$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 286,3110$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 324,3599$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.81$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 111 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COMBINAZIONE n° 7

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 65,1890 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 62,1638 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 19,6282 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,19 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,90 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti carichi esterni

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Componente dir. X | 30,00 | [kN] |
|-------------------|-------|------|

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 92,1638 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 261,0166 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -88,2909 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 261,0166 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 92,1638 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,48 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 276,8101 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 19,45 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 124,7234 | [kNm] |
| Carico ultimo della fondazione | 954,1587 | [kN] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|--------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 120,54 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 16,86 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,61$ | $i_q = 0,61$ | $i_\gamma = 0,05$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 14.16$ | $N'_q = 6.92$ | $N'_\gamma = 0.35$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.51 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 3.66 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 112 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 45,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 49,5659 | 30,9953 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 54,2775 | 32,1325 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 59,1555 | 33,4078 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 64,2200 | 34,8204 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 69,4912 | 36,3703 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 74,9894 | 38,0576 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 80,7346 | 39,8822 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 86,7472 | 41,8441 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 93,0472 | 43,9433 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 99,6548 | 46,1798 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 106,5903 | 48,5537 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 113,8738 | 51,0649 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 121,5255 | 53,7134 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 129,5655 | 56,4992 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 138,0142 | 59,4223 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 146,8916 | 62,4827 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 156,2179 | 65,6805 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 166,0134 | 69,0156 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 176,2982 | 72,4880 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 187,0916 | 76,0757 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,4736 | 9,9305 |
| 3 | 0,19 | 1,8790 | 19,6147 |
| 4 | 0,28 | 4,1927 | 29,0527 |
| 5 | 0,38 | 7,3912 | 38,2444 |
| 6 | 0,48 | 11,4513 | 47,1898 |
| 7 | 0,57 | 16,3495 | 55,8890 |
| 8 | 0,67 | 22,0624 | 64,3418 |
| 9 | 0,76 | 28,5666 | 72,5484 |
| 10 | 0,85 | 35,8388 | 80,5088 |
| 11 | 0,95 | 43,8555 | 88,2228 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 113 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -1,5546 | -14,9760 |
| 3 | 0,41 | -6,0618 | -28,8053 |
| 4 | 0,61 | -13,2865 | -41,4878 |
| 5 | 0,82 | -22,9935 | -53,0235 |
| 6 | 1,02 | -34,9477 | -63,4125 |
| 7 | 1,23 | -48,9142 | -72,6547 |
| 8 | 1,43 | -64,6578 | -80,7501 |
| 9 | 1,64 | -81,9434 | -87,6987 |
| 10 | 1,84 | -100,5359 | -93,5005 |
| 11 | 2,05 | -120,2002 | -98,1556 |

COMBINAZIONE n° 8

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 65,8433 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 63,8381 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 16,1256 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,21 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 14,18 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 50,20 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 110,7000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti carichi esterni

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Componente dir. X | 30,00 | [kN] |
|-------------------|-------|------|

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 93,8381 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 233,3751 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -5,9750 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -67,8254 | [kN] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 241,8521 | [kNm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 544,8309 | [kNm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 233,3751 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 93,8381 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,60 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 251,5343 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 21,90 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 140,3685 | [kNm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 2.25 |
|--|------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 114 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 9

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|----------|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| ϕ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,45 Y[m]= 0,72

Raggio del cerchio R[m]= 5,71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,95

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,22

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 2.15

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | α (°) | Wsin α | b/cos α | ϕ | c | u |
|----------|---------|--------------|---------------|----------------|--------|---|----|
| 1 | 6,0689 | 74.73 | 5,8547 | 0,0152 | 29.26 | 0 | 0 |
| 2 | 15,3504 | 62.72 | 13,6430 | 0,0087 | 29.26 | 0 | 0 |
| 3 | 20,9048 | 54.72 | 17,0657 | 0,0069 | 29.26 | 0 | 0 |
| 4 | 25,0947 | 48.12 | 18,6850 | 0,0060 | 29.26 | 0 | 0 |
| 5 | 28,4503 | 42.30 | 19,1477 | 0,0054 | 22.61 | 6 | 0 |
| 6 | 31,9361 | 36.98 | 19,2114 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 2 |
| 7 | 34,5923 | 32.02 | 18,3391 | 0,0047 | 20.46 | 8 | 5 |
| 8 | 36,4836 | 27.31 | 16,7376 | 0,0045 | 20.46 | 8 | 7 |
| 9 | 38,0353 | 22.79 | 14,7353 | 0,0043 | 20.46 | 8 | 9 |
| 10 | 39,2835 | 18.43 | 12,4162 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 11 |
| 11 | 45,0863 | 14.17 | 11,0339 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 12 |
| 12 | 44,5946 | 9.99 | 7,7326 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 13 |
| 13 | 20,4480 | 5.86 | 2,0871 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 13 |
| 14 | 18,8520 | 1.76 | 0,5796 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 14 |
| 15 | 18,4741 | -2.33 | -0,7497 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 14 |
| 16 | 17,4787 | -6.43 | -1,9559 | 0,0040 | 20.46 | 8 | 13 |
| 17 | 16,9833 | -10.56 | -3,1119 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 13 |
| 18 | 16,2384 | -14.75 | -4,1337 | 0,0041 | 20.46 | 8 | 12 |
| 19 | 15,2311 | -19.02 | -4,9638 | 0,0042 | 20.46 | 8 | 11 |
| 20 | 13,9428 | -23.41 | -5,5388 | 0,0043 | 20.46 | 8 | 9 |
| 21 | 12,3468 | -27.94 | -5,7858 | 0,0045 | 20.46 | 8 | 7 |
| 22 | 10,4050 | -32.68 | -5,6186 | 0,0047 | 20.46 | 8 | 5 |
| 23 | 8,0619 | -37.69 | -4,9291 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 2 |
| 24 | 5,2330 | -43.07 | -3,5735 | 0,0055 | 20.46 | 8 | 0 |
| 25 | 1,7799 | -48.98 | -1,3428 | 0,0061 | 29.26 | 0 | 0 |

$\Sigma W_i = 541,3560$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 135,5654$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 216,1316$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.90$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 115 di 278 |

COMBINAZIONE n° 10

| | | | | | | | |
|--|----------|------|--|--|--|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 49,6518 | [kN] | | | | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 47,3483 | [kN] | | | | | |
| Componente verticale della spinta statica | 14,9480 | [kN] | | | | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | | | | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | | | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,90 | [°] | | | | | |
| Incremento sismico della spinta | 7,2404 | [kN] | | | | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,05 | [m] | | | | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 49,09 | [°] | | | | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | | | | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | | | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | | | | Y = -1,50 | [m] |
| Inerzia del muro | 9,1542 | [kN] | | | | | |
| Inerzia verticale del muro | -4,5771 | [kN] | | | | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 9,5108 | [kN] | | | | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | -4,7554 | [kN] | | | | | |

Risultanti

| | | | | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|--|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 72,9179 | [kN] | | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 249,1836 | [kN] | | | | | |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] | | | | | |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -65,7131 | [kN] | | | | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 249,1836 | [kN] | | | | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 72,9179 | [kN] | | | | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,01 | [m] | | | | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] | | | | | |
| Risultante in fondazione | 259,6333 | [kN] | | | | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 16,31 | [°] | | | | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -3,0313 | [kNm] | | | | | |
| Carico ultimo della fondazione | 1416,7786 | [kN] | | | | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | | | | |
|--|-------|-------|--|--|--|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] | | | | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 64,32 | [kPa] | | | | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 66,84 | [kPa] | | | | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,67$ | $i_q = 0,67$ | $i_\gamma = 0,12$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 15.44$ | $N'_q = 7.55$ | $N'_\gamma = 0.86$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.76 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 5.69 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 116 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,0679 | 1,0203 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,2844 | 2,1696 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 0,6681 | 3,4448 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 1,2373 | 4,8451 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 2,0106 | 6,3705 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 3,0062 | 8,0209 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 4,2424 | 9,7965 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 5,7376 | 11,6972 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 7,5102 | 13,7229 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 9,5785 | 15,8738 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 11,9609 | 18,1497 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 14,6757 | 20,5508 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 17,7413 | 23,0769 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 21,1759 | 25,7282 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 24,9981 | 28,5045 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 29,2260 | 31,4060 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 33,8782 | 34,4325 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 38,9728 | 37,5841 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 44,5284 | 40,8608 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 50,5624 | 44,2433 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 10

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,2240 | 4,7163 |
| 3 | 0,19 | 0,8963 | 9,4387 |
| 4 | 0,28 | 2,0175 | 14,1670 |
| 5 | 0,38 | 3,5882 | 18,9013 |
| 6 | 0,48 | 5,6089 | 23,6415 |
| 7 | 0,57 | 8,0803 | 28,3878 |
| 8 | 0,67 | 11,0028 | 33,1401 |
| 9 | 0,76 | 14,3771 | 37,8983 |
| 10 | 0,85 | 18,2037 | 42,6625 |
| 11 | 0,95 | 22,4832 | 47,4327 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 117 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 10

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -0,1662 | -1,6265 |
| 3 | 0,41 | -0,6688 | -3,2808 |
| 4 | 0,61 | -1,5133 | -4,9630 |
| 5 | 0,82 | -2,7055 | -6,6731 |
| 6 | 1,02 | -4,2511 | -8,4110 |
| 7 | 1,23 | -6,1559 | -10,1768 |
| 8 | 1,43 | -8,4255 | -11,9705 |
| 9 | 1,64 | -11,0657 | -13,7921 |
| 10 | 1,84 | -14,0822 | -15,6415 |
| 11 | 2,05 | -17,4807 | -17,5188 |

COMBINAZIONE n° 11

| | | | | |
|--|-----------|-------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 49,6518 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 47,3483 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 14,9480 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,90 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 11,1920 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 49,40 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |
| Inerzia del muro | 9,1542 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 4,5771 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 9,5108 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 4,7554 | [kN] | | |
| Risultanti | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 76,6861 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 269,0383 | [kN] | | |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] | | |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -68,2733 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 269,0383 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 76,6861 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,02 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 279,7541 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 15,91 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -6,0119 | [kNm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 1429,7733 | [kN] | | |
| Tensioni sul terreno | | | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 68,31 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 73,31 | [kPa] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 118 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante

$N_c = 20.72$

$N_q = 10.66$

$N_\gamma = 6.77$

Fattori forma

$s_c = 1,00$

$s_q = 1,00$

$s_\gamma = 1,00$

Fattori inclinazione

$i_c = 0,68$

$i_q = 0,68$

$i_\gamma = 0,13$

Fattori profondità

$d_c = 1,11$

$d_q = 1,06$

$d_\gamma = 1,06$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 15.61$

$N'_q = 7.63$

$N'_\gamma = 0.94$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

1.77

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

5.31

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 119 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,0722 | 1,0786 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,3023 | 2,2945 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 0,7102 | 3,6444 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 1,3155 | 5,1274 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 2,1378 | 6,7435 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 3,1967 | 8,4928 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 4,5116 | 10,3752 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 6,1021 | 12,3908 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 7,9879 | 14,5395 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 10,1884 | 16,8213 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 12,7232 | 19,2363 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 15,6119 | 21,7844 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 18,8741 | 24,4656 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 22,5292 | 27,2800 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 26,5968 | 30,2276 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 31,0966 | 33,3082 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 36,0480 | 36,5220 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 41,4707 | 39,8690 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 47,3841 | 43,3490 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 53,8070 | 46,9416 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 11

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,2421 | 5,0980 |
| 3 | 0,19 | 0,9690 | 10,2079 |
| 4 | 0,28 | 2,1819 | 15,3297 |
| 5 | 0,38 | 3,8820 | 20,4634 |
| 6 | 0,48 | 6,0704 | 25,6089 |
| 7 | 0,57 | 8,7481 | 30,7663 |
| 8 | 0,67 | 11,9163 | 35,9355 |
| 9 | 0,76 | 15,5762 | 41,1166 |
| 10 | 0,85 | 19,7289 | 46,3096 |
| 11 | 0,95 | 24,3754 | 51,5145 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 120 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 11

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -0,0313 | -0,3149 |
| 3 | 0,41 | -0,1329 | -0,6852 |
| 4 | 0,61 | -0,3160 | -1,1107 |
| 5 | 0,82 | -0,5920 | -1,5914 |
| 6 | 1,02 | -0,9723 | -2,1275 |
| 7 | 1,23 | -1,4681 | -2,7188 |
| 8 | 1,43 | -2,0908 | -3,3654 |
| 9 | 1,64 | -2,8517 | -4,0673 |
| 10 | 1,84 | -3,7621 | -4,8244 |
| 11 | 2,05 | -4,8335 | -5,6369 |

COMBINAZIONE n° 12

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 59,6871 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 57,8696 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 14,6173 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,20 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 14,18 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 50,20 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 7,5263 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,20 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 45,95 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |
| Inerzia del muro | 9,1542 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | -4,5771 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 9,5108 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | -4,7554 | [kN] | | |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 83,8318 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 248,5163 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -6,6389 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -55,3080 | [kN] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 139,6313 | [kNm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 599,8326 | [kNm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 248,5163 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 83,8318 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,05 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 262,2749 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18,64 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 11,9101 | [kNm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 4.30 |
|--|------|

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 121 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COMBINAZIONE n° 13

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 59,6871 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 57,8696 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 14,6173 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,20 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 14,18 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 50,20 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 12,2256 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,20 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 46,27 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |
| Inerzia del muro | 9,1542 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 4,5771 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 9,5108 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 4,7554 | [kN] | | |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 88,3880 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 268,3322 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -6,6389 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -57,4899 | [kN] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 125,2167 | [kNm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 624,9779 | [kNm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 268,3322 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 88,3880 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,04 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 282,5148 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18,23 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 9,9948 | [kNm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 4.99 |
|--|------|

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 122 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 14

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|----------|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| ϕ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,81 Y[m]= 2,17

Raggio del cerchio R[m]= 7,20

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,03

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,07

Larghezza della striscia dx[m]= 0,48

Coefficiente di sicurezza C= 1.79

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | $\alpha(^{\circ})$ | Wsin α | b/cos α | ϕ | c | u |
|----------|---------|--------------------|---------------|----------------|--------|---|----|
| 1 | 5,5416 | 67.08 | 5,1042 | 0,0122 | 29.26 | 0 | 0 |
| 2 | 14,9604 | 58.86 | 12,8044 | 0,0092 | 29.26 | 0 | 0 |
| 3 | 21,8366 | 52.00 | 17,2084 | 0,0077 | 29.26 | 0 | 0 |
| 4 | 27,2699 | 46.10 | 19,6487 | 0,0068 | 29.26 | 0 | 0 |
| 5 | 31,7248 | 40.78 | 20,7203 | 0,0063 | 27.44 | 2 | 0 |
| 6 | 35,4387 | 35.86 | 20,7595 | 0,0059 | 20.46 | 8 | 1 |
| 7 | 39,5557 | 31.23 | 20,5090 | 0,0056 | 20.46 | 8 | 4 |
| 8 | 42,4694 | 26.82 | 19,1623 | 0,0053 | 20.46 | 8 | 6 |
| 9 | 44,6280 | 22.58 | 17,1344 | 0,0051 | 20.46 | 8 | 9 |
| 10 | 46,3843 | 18.46 | 14,6891 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 10 |
| 11 | 52,6305 | 14.44 | 13,1279 | 0,0049 | 20.46 | 8 | 12 |
| 12 | 49,6002 | 10.50 | 9,0368 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 13 |
| 13 | 22,6412 | 6.60 | 2,6027 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 14 |
| 14 | 22,7905 | 2.73 | 1,0874 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 14 |
| 15 | 21,6565 | -1.12 | -0,4228 | 0,0047 | 20.46 | 8 | 14 |
| 16 | 21,2951 | -4.98 | -1,8476 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 14 |
| 17 | 20,7259 | -8.86 | -3,1918 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 13 |
| 18 | 19,8293 | -12.78 | -4,3871 | 0,0049 | 20.46 | 8 | 12 |
| 19 | 18,5920 | -16.77 | -5,3635 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 11 |
| 20 | 16,9944 | -20.84 | -6,0456 | 0,0051 | 20.46 | 8 | 9 |
| 21 | 15,0090 | -25.02 | -6,3488 | 0,0052 | 20.46 | 8 | 7 |
| 22 | 12,5975 | -29.36 | -6,1762 | 0,0054 | 20.46 | 8 | 5 |
| 23 | 9,7062 | -33.89 | -5,4118 | 0,0057 | 20.46 | 8 | 2 |
| 24 | 6,2575 | -38.67 | -3,9102 | 0,0061 | 20.46 | 8 | 0 |
| 25 | 2,1350 | -43.81 | -1,4780 | 0,0066 | 29.26 | 0 | 0 |

$\Sigma W_i = 622,2702$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 149,0118$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 250,2011$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.28$

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 123 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 15

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|----------|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| ϕ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,81 Y[m]= 2,17

Raggio del cerchio R[m]= 7,20

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,03

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,07

Larghezza della striscia dx[m]= 0,48

Coefficiente di sicurezza C= 1.79

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | $\alpha(^{\circ})$ | Wsin α | b/cos α | ϕ | c | u |
|----------|---------|--------------------|---------------|----------------|--------|---|----|
| 1 | 5,5416 | 67.08 | 5,1042 | 0,0122 | 29.26 | 0 | 0 |
| 2 | 14,9604 | 58.86 | 12,8044 | 0,0092 | 29.26 | 0 | 0 |
| 3 | 21,8366 | 52.00 | 17,2084 | 0,0077 | 29.26 | 0 | 0 |
| 4 | 27,2699 | 46.10 | 19,6487 | 0,0068 | 29.26 | 0 | 0 |
| 5 | 31,7248 | 40.78 | 20,7203 | 0,0063 | 27.44 | 2 | 0 |
| 6 | 35,4387 | 35.86 | 20,7595 | 0,0059 | 20.46 | 8 | 1 |
| 7 | 39,5557 | 31.23 | 20,5090 | 0,0056 | 20.46 | 8 | 4 |
| 8 | 42,4694 | 26.82 | 19,1623 | 0,0053 | 20.46 | 8 | 6 |
| 9 | 44,6280 | 22.58 | 17,1344 | 0,0051 | 20.46 | 8 | 9 |
| 10 | 46,3843 | 18.46 | 14,6891 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 10 |
| 11 | 52,6305 | 14.44 | 13,1279 | 0,0049 | 20.46 | 8 | 12 |
| 12 | 49,6002 | 10.50 | 9,0368 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 13 |
| 13 | 22,6412 | 6.60 | 2,6027 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 14 |
| 14 | 22,7905 | 2.73 | 1,0874 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 14 |
| 15 | 21,6565 | -1.12 | -0,4228 | 0,0047 | 20.46 | 8 | 14 |
| 16 | 21,2951 | -4.98 | -1,8476 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 14 |
| 17 | 20,7259 | -8.86 | -3,1918 | 0,0048 | 20.46 | 8 | 13 |
| 18 | 19,8293 | -12.78 | -4,3871 | 0,0049 | 20.46 | 8 | 12 |
| 19 | 18,5920 | -16.77 | -5,3635 | 0,0050 | 20.46 | 8 | 11 |
| 20 | 16,9944 | -20.84 | -6,0456 | 0,0051 | 20.46 | 8 | 9 |
| 21 | 15,0090 | -25.02 | -6,3488 | 0,0052 | 20.46 | 8 | 7 |
| 22 | 12,5975 | -29.36 | -6,1762 | 0,0054 | 20.46 | 8 | 5 |
| 23 | 9,7062 | -33.89 | -5,4118 | 0,0057 | 20.46 | 8 | 2 |
| 24 | 6,2575 | -38.67 | -3,9102 | 0,0061 | 20.46 | 8 | 0 |
| 25 | 2,1350 | -43.81 | -1,4780 | 0,0066 | 29.26 | 0 | 0 |

$\Sigma W_i = 622,2702$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 149,0118$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 250,2011$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.28$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 124 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COMBINAZIONE n° 16

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 49,6518 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 47,3483 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 14,9480 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,90 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 11,1920 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 49,40 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |
| Inerzia del muro | 9,1542 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 4,5771 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 9,5108 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 4,7554 | [kN] | | |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 76,6861 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 269,0383 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -68,2733 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 269,0383 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 76,6861 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,02 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 279,7541 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 15,91 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -6,0119 | [kNm] |
| Carico ultimo della fondazione | 1429,7733 | [kN] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 68,31 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 73,31 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,68$ | $i_q = 0,68$ | $i_\gamma = 0,13$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 15.61$ | $N'_q = 7.63$ | $N'_\gamma = 0.94$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.77 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 5.31 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 125 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 16

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,0722 | 1,0786 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,3023 | 2,2945 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 0,7102 | 3,6444 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 1,3155 | 5,1274 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 2,1378 | 6,7435 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 3,1967 | 8,4928 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 4,5116 | 10,3752 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 6,1021 | 12,3908 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 7,9879 | 14,5395 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 10,1884 | 16,8213 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 12,7232 | 19,2363 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 15,6119 | 21,7844 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 18,8741 | 24,4656 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 22,5292 | 27,2800 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 26,5968 | 30,2276 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 31,0966 | 33,3082 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 36,0480 | 36,5220 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 41,4707 | 39,8690 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 47,3841 | 43,3490 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 53,8070 | 46,9416 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,2421 | 5,0980 |
| 3 | 0,19 | 0,9690 | 10,2079 |
| 4 | 0,28 | 2,1819 | 15,3297 |
| 5 | 0,38 | 3,8820 | 20,4634 |
| 6 | 0,48 | 6,0704 | 25,6089 |
| 7 | 0,57 | 8,7481 | 30,7663 |
| 8 | 0,67 | 11,9163 | 35,9355 |
| 9 | 0,76 | 15,5762 | 41,1166 |
| 10 | 0,85 | 19,7289 | 46,3096 |
| 11 | 0,95 | 24,3754 | 51,5145 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 126 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -0,0313 | -0,3149 |
| 3 | 0,41 | -0,1329 | -0,6852 |
| 4 | 0,61 | -0,3160 | -1,1107 |
| 5 | 0,82 | -0,5920 | -1,5914 |
| 6 | 1,02 | -0,9723 | -2,1275 |
| 7 | 1,23 | -1,4681 | -2,7188 |
| 8 | 1,43 | -2,0908 | -3,3654 |
| 9 | 1,64 | -2,8517 | -4,0673 |
| 10 | 1,84 | -3,7621 | -4,8244 |
| 11 | 2,05 | -4,8335 | -5,6369 |

COMBINAZIONE n° 17

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 49,6518 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 47,3483 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 14,9480 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,18 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 52,90 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 123,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 47,3483 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 256,3363 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -60,8523 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 256,3363 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 47,3483 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,15 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 260,6726 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 10,47 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -39,6877 | [kNm] |
| Carico ultimo della fondazione | 1620,9723 | [kN] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 50,97 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 83,96 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,78$ | $i_q = 0,78$ | $i_\gamma = 0,34$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 17.99$ | $N'_q = 8.79$ | $N'_\gamma = 2.41$ |



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 127 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

2.73

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

6.32

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 128 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,0491 | 0,7656 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,2070 | 1,6403 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 0,4895 | 2,6214 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 0,9119 | 3,7080 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 1,4899 | 4,9003 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 2,2387 | 6,1982 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 3,1739 | 7,6017 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 4,3108 | 9,1108 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 5,6648 | 10,7256 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 7,2515 | 12,4460 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 9,0862 | 14,2721 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 11,1844 | 16,2037 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 13,5615 | 18,2410 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 16,2329 | 20,3840 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 19,2141 | 22,6325 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 22,5204 | 24,9867 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 26,1674 | 27,4465 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 30,1705 | 30,0120 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 34,5450 | 32,6831 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 39,3058 | 35,4429 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 17

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,1649 | 3,4840 |
| 3 | 0,19 | 0,6644 | 7,0463 |
| 4 | 0,28 | 1,5062 | 10,6870 |
| 5 | 0,38 | 2,6975 | 14,4061 |
| 6 | 0,48 | 4,2458 | 18,2036 |
| 7 | 0,57 | 6,1586 | 22,0794 |
| 8 | 0,67 | 8,4434 | 26,0336 |
| 9 | 0,76 | 11,1075 | 30,0661 |
| 10 | 0,85 | 14,1584 | 34,1770 |
| 11 | 0,95 | 17,6036 | 38,3663 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 129 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 17

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|--------|--------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | 0,1819 | 1,7143 |
| 3 | 0,41 | 0,6779 | 3,0636 |
| 4 | 0,61 | 1,4131 | 4,0480 |
| 5 | 0,82 | 2,3127 | 4,6676 |
| 6 | 1,02 | 3,3019 | 4,9222 |
| 7 | 1,23 | 4,3058 | 4,8119 |
| 8 | 1,43 | 5,2498 | 4,3367 |
| 9 | 1,64 | 6,0590 | 3,4966 |
| 10 | 1,84 | 6,6585 | 2,2916 |
| 11 | 2,05 | 6,9736 | 0,7216 |

COMBINAZIONE n° 18

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 76,4938 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 72,9455 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 23,0273 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -2,02 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,96 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 204,7437 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 72,9455 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 346,1594 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -68,2577 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 346,1594 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 72,9455 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,23 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 353,7618 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 11,90 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -78,8722 | [kNm] |
| Carico ultimo della fondazione | 1473,8679 | [kN] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|--------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 58,33 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 123,89 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,75$ | $i_q = 0,75$ | $i_\gamma = 0,27$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 17.35$ | $N'_q = 8.48$ | $N'_\gamma = 1.96$ |



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 130 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

2.20

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

4.26

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 131 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 18

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,1667 | 2,3333 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,6769 | 4,7679 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 1,5447 | 7,2950 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 2,7832 | 9,9125 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 4,4057 | 12,6204 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 6,4253 | 15,4187 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 8,8551 | 18,3075 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 11,7083 | 21,2869 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 14,9981 | 24,3568 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 18,7376 | 27,5173 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 22,9401 | 30,7684 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 27,6187 | 34,1101 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 32,7865 | 37,5425 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 38,4569 | 41,0656 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 44,6428 | 44,6793 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 51,3577 | 48,3839 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 58,6146 | 52,1791 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 66,4268 | 56,0651 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 74,8074 | 60,0419 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 83,7691 | 64,0950 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 18

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,1993 | 4,2214 |
| 3 | 0,19 | 0,8070 | 8,5985 |
| 4 | 0,28 | 1,8379 | 13,1313 |
| 5 | 0,38 | 3,3069 | 17,8199 |
| 6 | 0,48 | 5,2286 | 22,6642 |
| 7 | 0,57 | 7,6180 | 27,6643 |
| 8 | 0,67 | 10,4898 | 32,8201 |
| 9 | 0,76 | 13,8587 | 38,1316 |
| 10 | 0,85 | 17,7397 | 43,5988 |
| 11 | 0,95 | 22,1475 | 49,2219 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 132 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 18

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | 0,2713 | 2,4905 |
| 3 | 0,41 | 0,9572 | 4,0456 |
| 4 | 0,61 | 1,8660 | 4,6654 |
| 5 | 0,82 | 2,8061 | 4,3499 |
| 6 | 1,02 | 3,5856 | 3,0991 |
| 7 | 1,23 | 4,0128 | 0,9130 |
| 8 | 1,43 | 3,8960 | -2,2085 |
| 9 | 1,64 | 3,0434 | -6,2652 |
| 10 | 1,84 | 1,2633 | -11,2573 |
| 11 | 2,05 | -1,6360 | -17,1847 |

COMBINAZIONE n° 19

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 85,4648 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 81,5004 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 25,7276 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,05 | [m] | Y = -1,99 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 17,52 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,15 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,05 | [m] | Y = -3,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 231,9917 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,02 | [m] | Y = -1,50 | [m] |

Risultanti

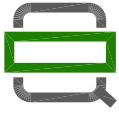
| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 81,5004 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 376,1076 | [kN] |
| Resistenza passiva a valle del muro | -7,8845 | [kN] |
| Resistenza passiva dente di fondazione | -70,7287 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 376,1076 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 81,5004 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,24 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 384,8366 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 12,23 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -91,9251 | [kNm] |
| Carico ultimo della fondazione | 1441,9286 | [kN] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|--------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 3,80 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 60,78 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 137,20 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 20.72$ | $N_q = 10.66$ | $N_\gamma = 6.77$ |
| Fattori forma | $s_c = 1,00$ | $s_q = 1,00$ | $s_\gamma = 1,00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0,75$ | $i_q = 0,75$ | $i_\gamma = 0,26$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1,11$ | $d_q = 1,06$ | $d_\gamma = 1,06$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 17.20$ | $N'_q = 8.41$ | $N'_\gamma = 1.86$ |



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 133 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

2.10

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

3.83

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 134 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 19

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 0,2060 | 2,8559 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 0,8336 | 5,8105 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 1,8964 | 8,8529 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 3,4070 | 11,9807 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 5,3777 | 15,1939 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 7,8208 | 18,4925 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 10,7489 | 21,8766 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 14,1743 | 25,3462 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 18,1095 | 28,9015 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 22,5668 | 32,5423 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 27,5588 | 36,2689 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 33,0978 | 40,0812 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 39,1963 | 43,9793 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 45,8668 | 47,9632 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 53,1217 | 52,0329 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 60,9734 | 56,1885 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 69,4346 | 60,4301 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 78,5175 | 64,7576 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 88,2348 | 69,1711 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 98,5984 | 73,6568 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 19

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,2108 | 4,4677 |
| 3 | 0,19 | 0,8546 | 9,1169 |
| 4 | 0,28 | 1,9487 | 13,9475 |
| 5 | 0,38 | 3,5104 | 18,9597 |
| 6 | 0,48 | 5,5568 | 24,1535 |
| 7 | 0,57 | 8,1053 | 29,5287 |
| 8 | 0,67 | 11,1730 | 35,0854 |
| 9 | 0,76 | 14,7773 | 40,8237 |
| 10 | 0,85 | 18,9353 | 46,7434 |
| 11 | 0,95 | 23,6643 | 52,8447 |

Sollecitazioni fondazione di monte

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 135 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 19

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

| Nr. | X | M | T |
|-----|------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | 0,3010 | 2,7489 |
| 3 | 0,41 | 1,0501 | 4,3724 |
| 4 | 0,61 | 2,0168 | 4,8705 |
| 5 | 0,82 | 2,9702 | 4,2433 |
| 6 | 1,02 | 3,6796 | 2,4907 |
| 7 | 1,23 | 3,9144 | -0,3873 |
| 8 | 1,43 | 3,4439 | -4,3907 |
| 9 | 1,64 | 2,0373 | -9,5194 |
| 10 | 1,84 | -0,5360 | -15,7736 |
| 11 | 2,05 | -4,5067 | -23,1531 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 136 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 1,8662 | 0,0659 | 49,5659 | 0,9953 | 30,9953 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 3,7873 | 0,2775 | 54,2775 | 2,1325 | 32,1325 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 5,7633 | 0,6555 | 59,1555 | 3,4078 | 33,4078 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 7,7941 | 1,2200 | 64,2200 | 4,8204 | 34,8204 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 9,8799 | 1,9912 | 69,4912 | 6,3703 | 36,3703 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 12,0205 | 2,9894 | 74,9894 | 8,0209 | 38,0576 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 14,2160 | 4,2346 | 80,7346 | 9,7965 | 39,8822 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 16,4663 | 5,7376 | 86,7472 | 11,6972 | 41,8441 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 18,7716 | 7,5102 | 93,0472 | 13,7229 | 43,9433 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 21,1317 | 9,5785 | 99,6548 | 15,8738 | 46,3252 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 23,5467 | 11,9609 | 106,5903 | 18,1497 | 51,5502 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 26,0166 | 14,6757 | 113,8738 | 20,5508 | 56,8827 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 28,5413 | 17,7413 | 121,5255 | 23,0769 | 62,3228 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 31,1210 | 21,1759 | 129,5655 | 25,7282 | 67,8707 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 33,7555 | 24,9981 | 138,0142 | 28,5045 | 73,5262 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 36,4449 | 29,2260 | 146,8916 | 31,4060 | 79,2896 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 39,1891 | 33,8782 | 156,2179 | 34,4325 | 85,1608 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 41,9883 | 38,9728 | 166,0134 | 37,5841 | 91,1400 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 44,8423 | 44,5284 | 176,2982 | 40,8608 | 97,2271 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 47,7512 | 50,5624 | 187,0916 | 44,2433 | 103,4050 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,15 | 1,8662 | 1,8662 | 0,0491 | 0,2060 | 0,7656 | 2,8559 |
| 3 | 0,30 | 3,7873 | 3,7873 | 0,2070 | 0,8336 | 1,6403 | 5,8105 |
| 4 | 0,45 | 5,7633 | 5,7633 | 0,4895 | 1,8964 | 2,6214 | 8,8529 |
| 5 | 0,60 | 7,7941 | 7,7941 | 0,9119 | 3,4070 | 3,7080 | 11,9807 |
| 6 | 0,75 | 9,8799 | 9,8799 | 1,4899 | 5,3777 | 4,9003 | 15,1939 |
| 7 | 0,90 | 12,0205 | 12,0205 | 2,2387 | 7,8208 | 6,1982 | 18,4925 |
| 8 | 1,05 | 14,2160 | 14,2160 | 3,1739 | 10,7489 | 7,6017 | 21,8766 |
| 9 | 1,20 | 16,4663 | 16,4663 | 4,3108 | 14,1743 | 9,1108 | 25,3462 |
| 10 | 1,35 | 18,7716 | 18,7716 | 5,6648 | 18,1095 | 10,7256 | 28,9015 |
| 11 | 1,50 | 21,1317 | 21,1317 | 7,2515 | 22,5668 | 12,4460 | 32,5423 |
| 12 | 1,65 | 23,5467 | 23,5467 | 9,0862 | 27,5588 | 14,2721 | 36,2689 |
| 13 | 1,80 | 26,0166 | 26,0166 | 11,1844 | 33,0978 | 16,2037 | 40,0812 |
| 14 | 1,95 | 28,5413 | 28,5413 | 13,5615 | 39,1963 | 18,2410 | 43,9793 |
| 15 | 2,10 | 31,1210 | 31,1210 | 16,2329 | 45,8668 | 20,3840 | 47,9632 |
| 16 | 2,25 | 33,7555 | 33,7555 | 19,2141 | 53,1217 | 22,6325 | 52,0329 |
| 17 | 2,40 | 36,4449 | 36,4449 | 22,5204 | 60,9734 | 24,9867 | 56,1885 |
| 18 | 2,55 | 39,1891 | 39,1891 | 26,1674 | 69,4346 | 27,4465 | 60,4301 |
| 19 | 2,70 | 41,9883 | 41,9883 | 30,1705 | 78,5175 | 30,0120 | 64,7576 |
| 20 | 2,85 | 44,8423 | 44,8423 | 34,5450 | 88,2348 | 32,6831 | 69,1711 |
| 21 | 3,00 | 47,7512 | 47,7512 | 39,3058 | 98,5984 | 35,4429 | 73,6568 |

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 137 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,1915 | 0,4736 | 4,0403 | 9,9305 |
| 3 | 0,19 | 0,7694 | 1,8790 | 8,1365 | 19,6147 |
| 4 | 0,28 | 1,7392 | 4,1927 | 12,2884 | 29,0527 |
| 5 | 0,38 | 3,1060 | 7,3912 | 16,4962 | 38,2444 |
| 6 | 0,48 | 4,8752 | 11,4513 | 20,7599 | 47,1898 |
| 7 | 0,57 | 7,0521 | 16,3495 | 25,0794 | 55,8890 |
| 8 | 0,67 | 9,6421 | 22,0624 | 29,4547 | 64,3418 |
| 9 | 0,76 | 12,6503 | 28,5666 | 33,8858 | 72,5484 |
| 10 | 0,85 | 16,0821 | 35,8388 | 38,3728 | 80,5088 |
| 11 | 0,95 | 19,9429 | 43,8555 | 42,9156 | 88,2228 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,09 | 0,1649 | 0,2108 | 3,4840 | 4,4677 |
| 3 | 0,19 | 0,6644 | 0,8546 | 7,0463 | 9,1169 |
| 4 | 0,28 | 1,5062 | 1,9487 | 10,6870 | 13,9475 |
| 5 | 0,38 | 2,6975 | 3,5104 | 14,4061 | 18,9597 |
| 6 | 0,48 | 4,2458 | 5,5568 | 18,2036 | 24,1535 |
| 7 | 0,57 | 6,1586 | 8,1053 | 22,0794 | 29,5287 |
| 8 | 0,67 | 8,4434 | 11,1730 | 26,0336 | 35,0854 |
| 9 | 0,76 | 11,1075 | 14,7773 | 30,0661 | 40,8237 |
| 10 | 0,85 | 14,1584 | 18,9353 | 34,1770 | 46,7434 |
| 11 | 0,95 | 17,6036 | 23,6643 | 38,3663 | 52,8447 |

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|-----------|---------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | -1,5546 | -0,0313 | -14,9760 | -0,3149 |
| 3 | 0,41 | -6,0618 | -0,1329 | -28,8053 | -0,6852 |
| 4 | 0,61 | -13,2865 | -0,3160 | -41,4878 | -1,1107 |
| 5 | 0,82 | -22,9935 | -0,5920 | -53,0235 | -1,5914 |
| 6 | 1,02 | -34,9477 | -0,9723 | -63,4125 | -2,1275 |
| 7 | 1,23 | -48,9142 | -1,4681 | -72,6547 | -2,7188 |
| 8 | 1,43 | -64,6578 | -2,0908 | -80,7501 | -3,3654 |
| 9 | 1,64 | -81,9434 | -2,8517 | -87,6987 | -4,0673 |
| 10 | 1,84 | -100,5359 | -3,7621 | -93,5005 | -4,8244 |
| 11 | 2,05 | -120,2002 | -4,8335 | -98,1556 | -5,6369 |

Inviluppo combinazioni SLE

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 138 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,20 | 0,1819 | 0,3010 | 1,7143 | 2,7489 |
| 3 | 0,41 | 0,6779 | 1,0501 | 3,0636 | 4,3724 |
| 4 | 0,61 | 1,4131 | 2,0168 | 4,0480 | 4,8705 |
| 5 | 0,82 | 2,3127 | 2,9702 | 4,2433 | 4,6676 |
| 6 | 1,02 | 3,3019 | 3,6796 | 2,4907 | 4,9222 |
| 7 | 1,23 | 3,9144 | 4,3058 | -0,3873 | 4,8119 |
| 8 | 1,43 | 3,4439 | 5,2498 | -4,3907 | 4,3367 |
| 9 | 1,64 | 2,0373 | 6,0590 | -9,5194 | 3,4966 |
| 10 | 1,84 | -0,5360 | 6,6585 | -15,7736 | 2,2916 |
| 11 | 2,05 | -4,5067 | 6,9736 | -23,1531 | 0,7216 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 139 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---|
| Titolo | MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno |
| Versione | 10.10 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) |
| Utente | PROGIN S.P.A. |
| Licenza | AIU01054U |

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 140 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

ALLEGATO

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 2A

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 141 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 142 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h . In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) * \left(k_h / (1 \pm k_v)\right)\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 143 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 144 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- Q_T portanza totale del palo
- Q_P portanza di base del palo
- Q_L portanza per attrito laterale del palo
- W_P peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_p (cN'_c + qN'_q + 1/2B\gamma N'_\gamma)$$

dove A_p è l'area portante efficace della punta del palo, c è la coesione, q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo, γ è il peso specifico del terreno, D è il diametro del palo ed i coefficienti N'_c , N'_q , N'_γ sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro η che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come: $K_0 = 1 - \sin\phi$.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 145 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove c_a è l'adesione palo-terreno, δ è l'angolo di attrito palo-terreno, γ è il peso specifico del terreno, z è la generica quota a partire dalla testa del palo, L e P sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo, K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica K espressa in Kg/cm²/cm che rappresenta la pressione (in Kg/cm²) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite, X_{max} oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidità.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidità del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidità di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata, K .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 146 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

| | |
|---------------------|--|
| γ_{Gsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Gfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Qsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili |
| γ_{Qfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato |
| γ_c | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata |
| γ_{cu} | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata |
| γ_{qu} | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo |
| γ_γ | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce |

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,30 | 1,00 | 1,10 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

| | Coefficienti parziali | | |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 |
| Capacità portante della fondazione | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale | | 1,10 | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 147 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali

Pali trivellati

| | | R1 | R2 | R3 |
|-----------------------|---------------|------|------|------|
| Punta | γ_b | 1,00 | 1,70 | 1,35 |
| Laterale compressione | γ_s | 1,00 | 1,45 | 1,15 |
| Totale compressione | γ_t | 1,00 | 1,60 | 1,30 |
| Laterale trazione | γ_{st} | 1,00 | 1,60 | 1,25 |

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali γ_T per le verifiche dei pali.

| | | R1 | R2 | R3 |
|--|------------|------|------|------|
| | γ_T | 1,00 | 1,60 | 1,30 |

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

| | | | |
|------------------------------|---|--------------|--------------|
| Numero di verticali indagate | 1 | $\xi_3=1,70$ | $\xi_4=1,70$ |
|------------------------------|---|--------------|--------------|

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 148 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

| | |
|--|----------|
| Altezza del paramento | 3,60 [m] |
| Spessore in sommità | 0,50 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 0,86 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 5,71 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0,00 [°] |
| Lunghezza del muro | 7,20 [m] |

Fondazione

| | |
|---|----------|
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 1,44 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 2,30 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 4,60 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°] |
| Spessore fondazione | 1,00 [m] |
| Spessore magrone | 0,20 [m] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 149 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Descrizione pali di fondazione

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Pali in c.a. | |
| Numero di file di pali | 2 |
| Vincolo pali/fondazione | Incastro |
| Tipo di portanza | Portanza laterale e portanza di punta |

Simbologia adottata

| | |
|------|--|
| N | numero d'ordine della fila |
| X | ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m] |
| nr. | Numero di pali della fila |
| D | diametro dei pali della fila espresso in [m] |
| L | lunghezza dei pali della fila espressa in [m] |
| alfa | inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°] |
| ALL | allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI) |

| N | X | Nr. | D | L | alfa | ALL |
|---|------|-----|--------|-------|------|----------|
| 1 | 1,00 | 3 | 0,8000 | 14,00 | 0,00 | Centrati |
| 2 | 3,60 | 3 | 0,8000 | 14,00 | 0,00 | Centrati |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 150 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

| | |
|---|----------------|
| Peso specifico | 24,517 [kN/mc] |
| Classe di Resistenza | C25/30 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 30000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 31447048 [kPa] |

Acciaio

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Calcestruzzo utilizzato per i pali

| | |
|---|----------------|
| Classe di Resistenza | C32/40 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 40000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 33642648 [kPa] |

Acciaio utilizzato per i pali

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione ammissibile σ_{fa} | 449936 [kPa] |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

| N | X | Y | A |
|---|-------|------|------|
| 1 | 15,00 | 0,00 | 0,00 |

Terreno a valle del muro

| | | |
|--|------|-----|
| Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale | 0,00 | [°] |
| Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento | 0,00 | [m] |

Falda

| | | |
|---|------|-----|
| Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione | 0,00 | [m] |
|---|------|-----|

Descrizione terreni

Simbologia adottata

| Nr. | Descrizione terreno | Indice del terreno |
|------------|---|--------------------|
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] | |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] | |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] | |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] | |
| c | Coesione espressa in [kPa] | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 151 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35.00 | 23.33 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25.00 | 16.67 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27.00 | 18.00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31.00 | 20.67 | 120,0 | 0,0 |

Parametri medi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35.00 | 23.33 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25.00 | 16.67 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27.00 | 18.00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31.00 | 20.67 | 120,0 | 0,0 |

Parametri minimi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 30.00 | 20.00 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25.00 | 16.67 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27.00 | 18.00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31.00 | 20.67 | 120,0 | 0,0 |

Stratigrafia

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| N | Indice dello strato |
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| α | Inclinazione espressa in [°] |
| Kw | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm |
| Ks | Coefficiente di spinta |
| Terreno | Terreno dello strato |

| Nr. | H | a | Kw | Ks | Terreno |
|-----|-------|------|------|-------|----------|
| 1 | 4,50 | 0,00 | 1,40 | 43,00 | Rilevato |
| 2 | 1,00 | 0,00 | 1,40 | 50,00 | Ala |
| 3 | 4,00 | 0,00 | 2,00 | 50,00 | Salt |
| 4 | 15,00 | 0,00 | 2,00 | 48,00 | Ap/Pa |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 152 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m] |
| D/C | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato |

Condizione n° 1 (SOVRACCARICO STRADALE)

| | | | | | |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|
| D | Profilo | $X_i=0,00$ | $X_f=7,80$ | $Q_i=60,0000$ | $Q_f=20,0000$ |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|

Condizione n° 2 (Urto Veicolo)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|----------|---------------|--------------|
| C | Paramento | $X=-0,25$ | $Y=0,00$ | $F_x=20,0000$ | $F_y=0,0000$ |
| | | $M=30,0000$ | | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 153 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| F/S | Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole) |
| γ | Coefficiente di partecipazione della condizione |
| Ψ | Coefficiente di combinazione della condizione |

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,50 | 1,00 | 1,50 |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1,50 | 1,00 | 1,50 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 6 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|-----|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 7 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,00 | 0,75 | 0,75 |

Combinazione n° 8 - Rara (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 154 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Impostazioni analisi pali

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| <u>Numero elementi palo</u> | 40 |
| <u>Tipo carico palo</u> | Distribuito |
| <u>Calcolo della portanza</u> | metodo di Vesic |
| <u>Costante di Winkler</u> | da Strato |

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Spostamento limite pari a 0,0150 m

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

Andamento pressione verticale

Geostatica

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio | 1.15 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza per la sezione | 1.00 |

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 155 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------------|---|
| <i>C</i> | Identificativo della combinazione |
| <i>Tipo</i> | Tipo combinazione |
| <i>Sisma</i> | Combinazione sismica |
| <i>CS_{SCO}</i> | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| <i>CS_{RIB}</i> | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| <i>CS_{QUM}</i> | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| <i>CS_{STAB}</i> | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |

| C | Tipo | Sisma | CS_{SCO} | CS_{RIB} | CS_{qlim} | CS_{stab} |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2 | A1-M1 - [2] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3 | A1-M1 - [3] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | -- |
| 5 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | -- |
| 6 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 8 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 156 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)
 Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
 Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| Calcolo della spinta | metodo di Culmann |
| Calcolo della stabilità globale | metodo di Bishop |
| Calcolo della spinta in condizioni di | Spinta a riposo |

Sisma

Combinazioni SLU

| | |
|---|--|
| Accelerazione al suolo a_g | 2.06 [m/s ²] |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) | 1.19 |
| Coefficiente di amplificazione topografica (St) | 1.00 |
| Coefficiente riduzione (β_m) | 1.00 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | 0.50 |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 24.51$ |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v = 0.50 * k_h = 12.25$ |

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Forma diagramma incremento sismico | Rettangolare |
|------------------------------------|--------------|

| | |
|--|----------|
| Partecipazione spinta passiva (percento) | 0,0 |
| Lunghezza del muro | 7,20 [m] |

| | |
|---------------------|-----------------|
| Peso muro | 172,7959 [kN] |
| Baricentro del muro | X=-0,12 Y=-3,36 |

Superficie di spinta

| | | |
|---|----------|-----------|
| Punto inferiore superficie di spinta | X = 2,30 | Y = -4,60 |
| Punto superiore superficie di spinta | X = 2,30 | Y = 0,00 |
| Altezza della superficie di spinta | 4,60 [m] | |
| Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) | 0,00 [°] | |

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 107,3591 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 98,6995 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 42,2420 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,82 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,17 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 165,6000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |

Risultanti

| | | |
|--|----------|------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 98,6995 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 380,6380 | [kN] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 157 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | |
|---|----------|-------|
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 380,6380 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 98,6995 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,24 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 393,2262 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 14,54 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -91,0239 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 158 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,1188 | 1,4645 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 0,4981 | 3,1236 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 1,1719 | 4,9727 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 2,1734 | 7,0110 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 3,5360 | 9,2383 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 5,2931 | 11,6546 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 7,4779 | 14,2600 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 10,1237 | 17,0544 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 13,2639 | 20,0379 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 16,9317 | 23,2105 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 21,1605 | 26,5721 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 25,9836 | 30,1227 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 31,4343 | 33,8624 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 37,5460 | 37,7912 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 44,3518 | 41,9090 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 51,8852 | 46,2159 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 60,1794 | 50,7118 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 69,2678 | 55,3967 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 79,1837 | 60,2707 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 89,9588 | 65,3036 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 159 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 1

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0475 | 0,0901 | -3,2086 | 2,1133 |
| 2 | 0,15 | -1,3553 | 1,8698 | -13,9782 | 6,0823 |
| 3 | 0,30 | -2,2457 | 1,0828 | -31,1656 | 12,6588 |
| 4 | 0,45 | -4,0445 | 2,5956 | -56,3709 | 21,2488 |
| 5 | 0,60 | -13,6508 | 5,4198 | -74,1108 | 30,6902 |
| 6 | 0,73 | -19,4987 | 9,1586 | -1,1231 | 48,2639 |
| 7 | 0,87 | -15,8794 | 13,9673 | 0,0000 | 84,6018 |
| 8 | 1,00 | -3,9064 | 19,6721 | 0,0000 | 156,0199 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 27,5704 | 0,0000 | 233,6537 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 53,2965 | -12,8047 | 331,3410 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 112,8138 | -56,8247 | 470,4488 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 135,9914 | -57,6334 | 469,4857 |
| 13 | 2,30 | -151,9692 | 0,0000 | -204,1776 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -114,6040 | 0,0000 | -188,6492 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -92,7158 | 0,0000 | -126,2586 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -77,0737 | 0,0000 | -92,0956 | 0,0000 |
| 17 | 2,90 | -65,2423 | 0,0000 | -73,7678 | 0,0000 |
| 18 | 3,05 | -57,9347 | 0,0000 | -64,5027 | 25,5442 |
| 19 | 3,20 | -58,2011 | 0,0000 | -57,2483 | 57,1685 |
| 20 | 3,33 | -60,5585 | 0,0000 | -53,1224 | 11,8247 |
| 21 | 3,47 | -58,8067 | 0,0000 | -50,1976 | 0,0000 |
| 22 | 3,60 | -54,3652 | 0,0000 | -48,3481 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -47,6064 | 0,0000 | -72,0544 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -38,2098 | 0,0000 | -99,6036 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -24,8348 | 0,0000 | -131,7136 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -13,3562 | 0,0000 | -92,4722 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -7,6234 | 0,0000 | -56,5019 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -3,1130 | 1,4591 | -26,9975 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,2477 | -7,8837 | 0,3068 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0717 | 0,9950 | -4,3836 | 81,6965 |
| 2 | 0,27 | -1,9790 | 4,6715 | -30,4876 | 80,5501 |
| 3 | 0,53 | -7,5100 | 6,0580 | -71,0317 | 142,9305 |
| 4 | 0,80 | -19,5690 | 4,6321 | -123,0786 | 142,1400 |
| 5 | 1,20 | -32,3655 | 0,6755 | -88,7690 | 86,0824 |
| 6 | 1,60 | -14,9339 | 4,6819 | -128,5707 | 136,4094 |
| 7 | 1,92 | -1,0581 | 10,5805 | -129,3935 | 75,7020 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 17,5105 | -47,0936 | 31,3749 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 17,8983 | -28,2471 | 45,6524 |
| 10 | 2,88 | -1,0568 | 11,6817 | -72,5148 | 127,6400 |
| 11 | 3,20 | -12,6595 | 4,6632 | -140,8102 | 126,8148 |
| 12 | 3,60 | -28,4976 | 0,6392 | -86,9062 | 86,9062 |
| 13 | 4,00 | -12,6595 | 4,6632 | -126,8148 | 140,8102 |
| 14 | 4,32 | -1,0568 | 11,6817 | -127,6400 | 72,5148 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 17,8983 | -45,6524 | 28,2471 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 160 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 17,5105 | -31,3749 | 47,0936 |
| 17 | 5,28 | -1,0581 | 10,5805 | -75,7020 | 129,3935 |
| 18 | 5,60 | -14,9339 | 4,6819 | -136,4094 | 128,5707 |
| 19 | 6,00 | -32,3655 | 0,6755 | -86,0824 | 88,7690 |
| 20 | 6,40 | -19,5690 | 4,6321 | -142,1400 | 123,0786 |
| 21 | 6,67 | -7,5100 | 6,0580 | -142,9305 | 71,0317 |
| 22 | 6,93 | -1,9790 | 4,6715 | -80,5501 | 30,4876 |
| 23 | 7,20 | -0,0717 | 0,9950 | -81,6965 | 4,3836 |

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 177,7922 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 163,4176 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 70,0340 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,58 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,20 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,19 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 352,2538 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 163,4176 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 595,0838 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 595,0838 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 163,4176 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,36 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 617,1142 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 15,36 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -214,4625 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 161 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,4432 | 5,0659 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 1,7935 | 10,3074 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 4,0805 | 15,7083 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 7,3316 | 21,2650 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 11,5741 | 26,9774 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 16,8354 | 32,8457 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 23,1428 | 38,8699 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 30,5236 | 45,0501 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 39,0053 | 51,3865 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 48,6151 | 57,8790 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 59,3806 | 64,5278 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 71,3291 | 71,3328 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 84,4881 | 78,2943 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 98,8850 | 85,4121 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 114,5471 | 92,6864 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 131,5021 | 100,1172 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 149,7773 | 107,7046 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 169,4002 | 115,4485 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 190,3982 | 123,3492 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 212,7978 | 131,3814 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 162 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 2

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0928 | 0,1115 | -4,1732 | 3,6440 |
| 2 | 0,15 | -1,8917 | 2,8706 | -18,6362 | 10,9046 |
| 3 | 0,30 | -2,8140 | 2,1249 | -42,3590 | 22,2414 |
| 4 | 0,45 | -4,8180 | 5,0202 | -77,8603 | 36,6798 |
| 5 | 0,60 | -18,0891 | 10,1183 | -99,3984 | 52,6421 |
| 6 | 0,73 | -25,6883 | 16,6790 | 0,0000 | 80,2967 |
| 7 | 0,87 | -19,0914 | 25,0253 | 0,0000 | 135,4064 |
| 8 | 1,00 | 0,0000 | 34,9029 | 0,0000 | 242,7664 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 48,2400 | 0,0000 | 358,7261 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 88,1328 | -4,3553 | 504,5743 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 178,1972 | -67,9611 | 711,8468 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 213,1214 | -68,7366 | 710,8834 |
| 13 | 2,30 | -248,4082 | 0,0000 | -344,5149 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -185,4837 | 0,0000 | -317,2716 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -148,8253 | 0,0000 | -210,6898 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -122,8601 | 0,0000 | -152,0740 | 0,0000 |
| 17 | 2,90 | -103,4405 | 0,0000 | -120,4901 | 0,3200 |
| 18 | 3,05 | -91,7451 | 0,0000 | -104,2015 | 47,5944 |
| 19 | 3,20 | -92,9183 | 0,0000 | -91,5737 | 102,3934 |
| 20 | 3,33 | -97,5771 | 0,0000 | -84,5013 | 24,1692 |
| 21 | 3,47 | -95,3148 | 0,0000 | -79,4577 | 0,0000 |
| 22 | 3,60 | -88,5141 | 0,0000 | -76,3751 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -77,7852 | 0,0000 | -115,9212 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -62,5717 | 0,0000 | -163,1063 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -40,5764 | 0,0000 | -218,0804 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -21,7564 | 0,0000 | -152,6927 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -12,5158 | 0,0000 | -92,9098 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -5,1782 | 2,5359 | -44,3034 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,4029 | -13,1341 | 0,5028 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,1747 | 1,6315 | -7,4908 | 121,2641 |
| 2 | 0,27 | -3,3609 | 6,9087 | -51,0599 | 119,8961 |
| 3 | 0,53 | -12,6803 | 8,9472 | -119,2961 | 211,2001 |
| 4 | 0,80 | -33,0467 | 6,8845 | -185,6137 | 210,4554 |
| 5 | 1,20 | -54,6406 | 1,0032 | -131,3131 | 127,3533 |
| 6 | 1,60 | -25,2165 | 6,9438 | -190,3067 | 210,6442 |
| 7 | 1,92 | -1,5679 | 17,8568 | -191,0743 | 127,2754 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 29,5551 | -67,9662 | 52,5090 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 30,2106 | -47,2511 | 65,6918 |
| 10 | 2,88 | -1,5659 | 19,7180 | -121,1275 | 188,4649 |
| 11 | 3,20 | -21,3727 | 6,9157 | -212,2362 | 187,6959 |
| 12 | 3,60 | -48,1018 | 0,9490 | -128,5370 | 128,5370 |
| 13 | 4,00 | -21,3727 | 6,9157 | -187,6959 | 212,2362 |
| 14 | 4,32 | -1,5659 | 19,7180 | -188,4649 | 121,1275 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 30,2106 | -65,6918 | 47,2511 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 163 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 29,5551 | -52,5090 | 67,9662 |
| 17 | 5,28 | -1,5679 | 17,8568 | -127,2754 | 191,0743 |
| 18 | 5,60 | -25,2165 | 6,9438 | -210,6442 | 190,3067 |
| 19 | 6,00 | -54,6406 | 1,0032 | -127,3533 | 131,3131 |
| 20 | 6,40 | -33,0467 | 6,8845 | -210,4554 | 185,6137 |
| 21 | 6,67 | -12,6803 | 8,9472 | -211,2001 | 119,2961 |
| 22 | 6,93 | -3,3609 | 6,9087 | -119,8961 | 51,0599 |
| 23 | 7,20 | -0,1747 | 1,6315 | -121,2641 | 7,4908 |

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 107,3591 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 98,6995 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 42,2420 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,82 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,17 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 165,6000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |

Risultanti carichi esterni

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Componente dir. X | 30,00 | [kN] |
|-------------------|-------|------|

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 128,6995 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 380,6380 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 380,6380 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 128,6995 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,24 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 401,8069 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18,68 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 91,9761 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 164 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 45,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 50,5188 | 31,4645 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 56,2981 | 33,1236 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 62,3719 | 34,9727 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 68,7734 | 37,0110 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 75,5360 | 39,2383 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 82,6931 | 41,6546 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 90,2779 | 44,2600 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 98,3237 | 47,0544 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 106,8639 | 50,0379 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 115,9317 | 53,2105 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 125,5605 | 56,5721 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 135,7836 | 60,1227 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 146,6343 | 63,8624 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 158,1460 | 67,7912 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 170,3518 | 71,9090 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 183,2852 | 76,2159 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 196,9794 | 80,7118 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 211,4678 | 85,3967 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 226,7837 | 90,2707 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 242,9588 | 95,3036 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 165 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 3

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0834 | 0,1070 | -3,9758 | 3,3491 |
| 2 | 0,15 | -1,7802 | 2,6625 | -17,6702 | 9,9068 |
| 3 | 0,30 | -2,6958 | 1,9082 | -40,0331 | 20,2488 |
| 4 | 0,45 | -4,6572 | 4,5160 | -73,3931 | 33,4717 |
| 5 | 0,60 | -17,1662 | 9,1414 | -94,1809 | 48,0816 |
| 6 | 0,73 | -24,4013 | 15,1153 | 0,0000 | 73,6396 |
| 7 | 0,87 | -18,4235 | 22,7261 | 0,0000 | 124,8446 |
| 8 | 1,00 | -0,7665 | 31,7360 | 0,0000 | 224,7329 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 43,9422 | 0,0000 | 332,7210 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 80,8894 | -6,1123 | 468,5544 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 164,6023 | -65,6461 | 661,6538 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 197,0840 | -66,4274 | 660,6905 |
| 13 | 2,30 | -237,9133 | 0,0000 | -238,7695 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -200,5137 | 0,0000 | -221,8537 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -170,8211 | 0,0000 | -185,0201 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -145,2433 | 0,0000 | -160,3949 | 0,0000 |
| 17 | 2,90 | -122,7791 | 0,0000 | -143,2529 | 0,0000 |
| 18 | 3,05 | -103,6933 | 0,0000 | -129,3991 | 0,0000 |
| 19 | 3,20 | -89,5174 | 0,0000 | -116,4374 | 0,0000 |
| 20 | 3,33 | -79,1082 | 0,0000 | -105,9646 | 0,0000 |
| 21 | 3,47 | -67,9862 | 0,0000 | -96,0297 | 0,0000 |
| 22 | 3,60 | -56,7935 | 0,0000 | -89,3632 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -45,6987 | 0,0000 | -91,5473 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -34,5563 | 0,0000 | -94,3152 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -22,7589 | 0,0000 | -99,4310 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -12,4491 | 0,0000 | -71,1241 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -6,2271 | 0,0000 | -45,1416 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -2,0087 | 0,0618 | -22,1037 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,2335 | -4,4529 | 0,1374 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,1533 | 0,8401 | -2,0799 | 113,0407 |
| 2 | 0,27 | -0,6499 | 6,4056 | -32,7161 | 111,7112 |
| 3 | 0,53 | -5,0181 | 8,3465 | -98,4293 | 197,0036 |
| 4 | 0,80 | -18,1495 | 6,4162 | -133,3238 | 196,2523 |
| 5 | 1,20 | -32,8391 | 0,9351 | -122,4672 | 118,7721 |
| 6 | 1,60 | -14,8451 | 6,4735 | -177,4720 | 152,1845 |
| 7 | 1,92 | -1,4619 | 14,3788 | -178,2474 | 101,8755 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 18,4518 | -63,5306 | 35,0125 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 18,4991 | -33,8911 | 61,4166 |
| 10 | 2,88 | -1,4600 | 14,3967 | -100,6485 | 175,8159 |
| 11 | 3,20 | -14,5824 | 6,4473 | -142,5444 | 175,0390 |
| 12 | 3,60 | -31,7058 | 0,8846 | -119,8810 | 119,8810 |
| 13 | 4,00 | -14,5824 | 6,4473 | -175,0390 | 142,5444 |
| 14 | 4,32 | -1,4600 | 14,3967 | -175,8159 | 100,6485 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 18,4991 | -61,4166 | 33,8911 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 166 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 18,4518 | -35,0125 | 63,5306 |
| 17 | 5,28 | -1,4619 | 14,3788 | -101,8755 | 178,2474 |
| 18 | 5,60 | -14,8451 | 6,4735 | -152,1845 | 177,4720 |
| 19 | 6,00 | -32,8391 | 0,9351 | -118,7721 | 122,4672 |
| 20 | 6,40 | -18,1495 | 6,4162 | -196,2523 | 133,3238 |
| 21 | 6,67 | -5,0181 | 8,3465 | -197,0036 | 98,4293 |
| 22 | 6,93 | -0,6499 | 6,4056 | -111,7112 | 32,7161 |
| 23 | 7,20 | -0,1533 | 0,8401 | -113,0407 | 2,0799 |

COMBINAZIONE n° 4

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 82,5190 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 75,8619 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 32,4710 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,82 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,17 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 54,1329 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,30 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 37,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 165,6000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |
| Inerzia del muro | 42,4104 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | -21,2052 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 40,6443 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | -20,3221 | [kN] | | |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 208,6823 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 350,6407 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 350,6407 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 208,6823 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,41 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 408,0408 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 30,76 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 143,6734 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 167 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,2879 | 3,3386 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 1,1713 | 6,8463 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 2,6796 | 10,5197 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 4,8420 | 14,3580 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 7,6873 | 18,3611 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 11,2445 | 22,5291 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 15,5425 | 26,8619 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 20,6103 | 31,3595 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 26,4769 | 36,0221 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 33,1712 | 40,8495 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 40,7221 | 45,8417 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 49,1587 | 50,9988 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 58,5099 | 56,3208 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 68,8046 | 61,8076 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 80,0718 | 67,4593 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 92,3404 | 73,2758 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 105,6395 | 79,2572 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 119,9980 | 85,4034 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 135,4447 | 91,7145 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 152,0076 | 98,1672 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 168 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 4

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,1076 | 0,1185 | -4,4820 | 4,0993 |
| 2 | 0,15 | -2,0674 | 3,1985 | -20,1563 | 12,4743 |
| 3 | 0,30 | -3,0001 | 2,4663 | -46,0224 | 25,3802 |
| 4 | 0,45 | -5,0714 | 5,8144 | -84,8975 | 41,7338 |
| 5 | 0,60 | -19,5430 | 11,6575 | -107,5885 | 59,8248 |
| 6 | 0,73 | -27,7160 | 19,1425 | 0,0000 | 90,7828 |
| 7 | 0,87 | -20,1436 | 28,6477 | 0,0000 | 152,0452 |
| 8 | 1,00 | 0,0000 | 39,8923 | 0,0000 | 271,1759 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 55,0110 | 0,0000 | 399,6960 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 99,5446 | -1,5869 | 561,3229 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 199,6157 | -71,6078 | 790,9246 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 238,3879 | -72,3751 | 789,9611 |
| 13 | 2,30 | -279,6580 | 0,0000 | -246,6268 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -243,7319 | 0,0000 | -232,2249 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -210,7118 | 0,0000 | -215,4115 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -180,0801 | 0,0000 | -199,9015 | 0,0000 |
| 17 | 2,90 | -151,6827 | 0,0000 | -185,6177 | 0,0000 |
| 18 | 3,05 | -125,3797 | 0,0000 | -172,5665 | 0,0000 |
| 19 | 3,20 | -101,9553 | 0,0000 | -160,5292 | 0,0000 |
| 20 | 3,33 | -83,1884 | 0,0000 | -142,3650 | 0,0000 |
| 21 | 3,47 | -66,3062 | 0,0000 | -124,8589 | 0,0000 |
| 22 | 3,60 | -51,3486 | 0,0000 | -107,5541 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -38,3342 | 0,0000 | -91,4771 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -27,2559 | 0,0000 | -77,0331 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -18,0910 | 0,0000 | -62,7326 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -10,0131 | 0,0000 | -46,8365 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -4,5044 | 0,0000 | -30,9773 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -1,1751 | 0,0000 | -15,4664 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,1868 | -1,2846 | 0,3601 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2084 | 0,6794 | -9,9671 | 134,2169 |
| 2 | 0,27 | -0,5084 | 7,5780 | -38,9451 | 132,7940 |
| 3 | 0,53 | -5,9537 | 9,8937 | -116,9268 | 233,5673 |
| 4 | 0,80 | -21,5401 | 7,6224 | -162,2443 | 232,8311 |
| 5 | 1,20 | -38,9430 | 4,1888 | -145,2496 | 140,8727 |
| 6 | 1,60 | -17,6114 | 7,6847 | -210,5264 | 184,8315 |
| 7 | 1,92 | -1,7349 | 17,0504 | -211,2838 | 121,0893 |
| 8 | 2,24 | -2,0093 | 21,8790 | -74,9849 | 41,8408 |
| 9 | 2,56 | -2,0841 | 21,9353 | -40,5061 | 72,4605 |
| 10 | 2,88 | -1,7326 | 17,0717 | -119,6352 | 208,3941 |
| 11 | 3,20 | -17,2989 | 7,6536 | -172,9648 | 207,6355 |
| 12 | 3,60 | -37,5949 | 3,4074 | -142,1742 | 142,1742 |
| 13 | 4,00 | -17,2989 | 7,6536 | -207,6355 | 172,9648 |
| 14 | 4,32 | -1,7326 | 17,0717 | -208,3941 | 119,6352 |
| 15 | 4,64 | -2,0841 | 21,9353 | -72,4605 | 40,5061 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 169 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | -2,0093 | 21,8790 | -41,8408 | 74,9849 |
| 17 | 5,28 | -1,7349 | 17,0504 | -121,0893 | 211,2838 |
| 18 | 5,60 | -17,6114 | 7,6847 | -184,8315 | 210,5264 |
| 19 | 6,00 | -38,9430 | 4,1888 | -140,8727 | 145,2496 |
| 20 | 6,40 | -21,5401 | 7,6224 | -232,8311 | 162,2443 |
| 21 | 6,67 | -5,9537 | 9,8937 | -233,5673 | 116,9268 |
| 22 | 6,93 | -0,5084 | 7,5780 | -132,7940 | 38,9451 |
| 23 | 7,20 | -0,2084 | 0,6794 | -134,2169 | 9,9671 |

COMBINAZIONE n° 5

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 82,5190 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 75,8619 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 32,4710 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,82 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,17 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 69,1671 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,30 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 41,07 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 165,6000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |
| Inerzia del muro | 42,4104 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 21,2052 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 40,6443 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 20,3221 | [kN] | | |

Risultanti

| | | | | |
|---|----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 222,5036 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 439,6113 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 439,6113 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 222,5036 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,27 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 492,7129 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 26,85 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 120,2254 | [kNm] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 170 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 5

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,3288 | 3,7939 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 1,3352 | 7,7570 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 3,0485 | 11,8857 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 5,4977 | 16,1793 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 8,7118 | 20,6377 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 12,7197 | 25,2610 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 17,5505 | 30,0491 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 23,2330 | 35,0021 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 29,7962 | 40,1200 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 37,2690 | 45,4027 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 45,6806 | 50,8502 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 55,0596 | 56,4626 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 65,4353 | 62,2399 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 76,8364 | 68,1821 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 89,2920 | 74,2890 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 102,8310 | 80,5609 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 117,4824 | 86,9976 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 133,2751 | 93,5992 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 150,2380 | 100,3656 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 168,3991 | 107,2736 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 171 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 5

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,1269 | 0,1275 | -4,8786 | 4,6785 |
| 2 | 0,15 | -2,2949 | 3,6230 | -22,1216 | 14,5038 |
| 3 | 0,30 | -3,2411 | 2,9082 | -50,7634 | 29,4432 |
| 4 | 0,45 | -5,3995 | 6,8426 | -94,0067 | 48,2766 |
| 5 | 0,60 | -21,4252 | 13,6501 | -118,1476 | 69,1207 |
| 6 | 0,73 | -30,3409 | 22,3318 | 0,0000 | 104,3556 |
| 7 | 0,87 | -21,5058 | 33,3373 | 0,0000 | 173,5843 |
| 8 | 1,00 | 0,0000 | 46,3515 | 0,0000 | 307,9522 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 63,7767 | 0,0000 | 452,7350 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 114,3182 | 0,0000 | 634,7897 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 227,3441 | -76,3282 | 893,2989 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 271,0979 | -77,0862 | 892,3353 |
| 13 | 2,30 | -225,9443 | 0,0000 | -207,7743 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -195,3713 | 0,0000 | -193,4935 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -168,2447 | 0,0000 | -172,7875 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -143,6982 | 0,0000 | -156,1610 | 0,0000 |
| 17 | 2,90 | -121,4402 | 0,0000 | -142,5459 | 0,0000 |
| 18 | 3,05 | -101,5225 | 0,0000 | -129,5361 | 0,0000 |
| 19 | 3,20 | -84,6392 | 0,0000 | -116,8489 | 0,0000 |
| 20 | 3,33 | -71,4487 | 0,0000 | -105,9589 | 0,0000 |
| 21 | 3,47 | -58,9221 | 0,0000 | -95,2659 | 0,0000 |
| 22 | 3,60 | -47,2989 | 0,0000 | -86,1412 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -36,6418 | 0,0000 | -79,9644 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -26,8963 | 0,0000 | -73,9837 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -17,8352 | 0,0000 | -68,8590 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -9,8397 | 0,0000 | -50,2102 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -4,5760 | 0,0000 | -32,6273 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -1,2361 | 0,0000 | -16,1440 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,1856 | -1,9963 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2521 | 0,7471 | -1,1890 | 150,9810 |
| 2 | 0,27 | -0,5686 | 8,5064 | -43,8702 | 149,4964 |
| 3 | 0,53 | -6,6946 | 11,1189 | -131,5683 | 262,5251 |
| 4 | 0,80 | -24,2253 | 8,5776 | -185,3534 | 261,7975 |
| 5 | 1,20 | -43,7768 | 1,2495 | -163,2916 | 158,3748 |
| 6 | 1,60 | -19,8021 | 8,6439 | -236,7014 | 210,8860 |
| 7 | 1,92 | -1,9511 | 19,1661 | -237,4485 | 136,2963 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 24,5930 | -84,1040 | 47,2338 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 24,6564 | -45,7298 | 81,2584 |
| 10 | 2,88 | -1,9485 | 19,1902 | -134,6620 | 234,1959 |
| 11 | 3,20 | -19,4501 | 8,6088 | -197,2322 | 233,4478 |
| 12 | 3,60 | -42,2588 | 1,1818 | -159,8289 | 159,8289 |
| 13 | 4,00 | -19,4501 | 8,6088 | -233,4478 | 197,2322 |
| 14 | 4,32 | -1,9485 | 19,1902 | -234,1959 | 134,6620 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 24,6564 | -81,2584 | 45,7298 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 172 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 24,5930 | -47,2338 | 84,1040 |
| 17 | 5,28 | -1,9511 | 19,1661 | -136,2963 | 237,4485 |
| 18 | 5,60 | -19,8021 | 8,6439 | -210,8860 | 236,7014 |
| 19 | 6,00 | -43,7768 | 1,2495 | -158,3748 | 163,2916 |
| 20 | 6,40 | -24,2253 | 8,5776 | -261,7975 | 185,3534 |
| 21 | 6,67 | -6,6946 | 11,1189 | -262,5251 | 131,5683 |
| 22 | 6,93 | -0,5686 | 8,5064 | -149,4964 | 43,8702 |
| 23 | 7,20 | -0,2521 | 0,7471 | -150,9810 | 1,1890 |

COMBINAZIONE n° 6

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 82,5190 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 75,8619 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 32,4710 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,82 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,17 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 165,6000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 75,8619 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 370,8669 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 370,8669 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 75,8619 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,29 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 378,5463 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 11,56 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -109,0998 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 173 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 6

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,0891 | 1,1265 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 0,3737 | 2,4027 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 0,8800 | 3,8252 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 1,6333 | 5,3931 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 2,6591 | 7,1064 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 3,9829 | 8,9651 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 5,6301 | 10,9692 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 7,6262 | 13,1188 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 9,9967 | 15,4138 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 12,7669 | 17,8542 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 15,9624 | 20,4401 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 19,6087 | 23,1713 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 23,7311 | 26,0480 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 28,3552 | 29,0701 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 33,5064 | 32,2377 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 39,2101 | 35,5507 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 45,4919 | 39,0090 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 52,3772 | 42,6129 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 59,8913 | 46,3621 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 68,0588 | 50,2335 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 174 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0362 | 0,0848 | -2,9594 | 1,5980 |
| 2 | 0,15 | -1,2217 | 1,6204 | -12,8108 | 4,8584 |
| 3 | 0,30 | -2,1041 | 0,8232 | -28,3727 | 10,2717 |
| 4 | 0,45 | -3,8517 | 1,9916 | -51,0137 | 17,4025 |
| 5 | 0,60 | -12,5450 | 4,2492 | -67,7053 | 25,2072 |
| 6 | 0,73 | -17,9564 | 7,2848 | -2,3509 | 40,2717 |
| 7 | 0,87 | -15,0791 | 11,2121 | 0,0000 | 71,9375 |
| 8 | 1,00 | -4,8941 | 15,8772 | 0,0000 | 134,3957 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 22,4204 | 0,0000 | 202,4883 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 44,6167 | -14,9095 | 288,1787 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 96,5229 | -54,0486 | 410,3020 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 116,7737 | -54,8683 | 409,3392 |
| 13 | 2,30 | -78,2742 | 0,0000 | -148,3142 | 1,7252 |
| 14 | 2,45 | -47,7604 | 0,0000 | -136,4652 | 7,3343 |
| 15 | 2,60 | -34,0433 | 0,0000 | -71,9192 | 13,9300 |
| 16 | 2,75 | -26,5686 | 0,0000 | -38,8685 | 28,1697 |
| 17 | 2,90 | -22,5800 | 0,0000 | -23,0454 | 49,7687 |
| 18 | 3,05 | -22,8996 | 0,0000 | -17,7905 | 80,4619 |
| 19 | 3,20 | -30,8313 | 0,0000 | -14,8610 | 115,6378 |
| 20 | 3,33 | -39,5764 | 0,0000 | -14,8540 | 70,9168 |
| 21 | 3,47 | -43,1498 | 0,0000 | -16,2504 | 24,2772 |
| 22 | 3,60 | -43,1264 | 0,0000 | -18,7917 | 1,3539 |
| 23 | 3,73 | -39,9195 | 0,0000 | -41,9353 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -33,1738 | 0,0000 | -82,2183 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -21,4021 | 0,0000 | -124,3080 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -11,3982 | 0,0000 | -86,8961 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -6,9751 | 0,0000 | -52,1482 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -3,1336 | 1,9386 | -24,5496 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,2100 | -7,9597 | 0,2390 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0461 | 0,8958 | -5,4318 | 71,8288 |
| 2 | 0,27 | -2,3270 | 4,4009 | -31,2524 | 70,7557 |
| 3 | 0,53 | -8,4140 | 5,3381 | -77,3875 | 125,9252 |
| 4 | 0,80 | -21,9825 | 4,0709 | -120,4837 | 125,1138 |
| 5 | 1,20 | -36,1050 | 0,5939 | -78,1684 | 75,7990 |
| 6 | 1,60 | -16,7272 | 4,1184 | -113,1827 | 137,7767 |
| 7 | 1,92 | -0,9311 | 11,7588 | -114,0310 | 82,4068 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 19,4527 | -42,6564 | 31,7805 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 19,8931 | -28,3126 | 41,6080 |
| 10 | 2,88 | -0,9299 | 13,0096 | -78,2647 | 112,4908 |
| 11 | 3,20 | -14,1438 | 4,1020 | -134,6952 | 111,6397 |
| 12 | 3,60 | -31,7017 | 0,5620 | -76,5331 | 76,5331 |
| 13 | 4,00 | -14,1438 | 4,1020 | -111,6397 | 134,6952 |
| 14 | 4,32 | -0,9299 | 13,0096 | -112,4908 | 78,2647 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 19,8931 | -41,6080 | 28,3126 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 175 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 19,4527 | -31,7805 | 42,6564 |
| 17 | 5,28 | -0,9311 | 11,7588 | -82,4068 | 114,0310 |
| 18 | 5,60 | -16,7272 | 4,1184 | -137,7767 | 113,1827 |
| 19 | 6,00 | -36,1050 | 0,5939 | -75,7990 | 78,1684 |
| 20 | 6,40 | -21,9825 | 4,0709 | -125,1138 | 120,4837 |
| 21 | 6,67 | -8,4140 | 5,3381 | -125,9252 | 77,3875 |
| 22 | 6,93 | -2,3270 | 4,4009 | -70,7557 | 31,2524 |
| 23 | 7,20 | -0,0461 | 0,8958 | -71,8288 | 5,4318 |

COMBINAZIONE n° 7

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 117,7022 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 108,1902 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 46,3539 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,63 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,19 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,88 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 258,9269 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 108,1902 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 478,0767 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 478,0767 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 108,1902 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,36 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 490,1658 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 12,75 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -170,8249 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 176 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,2513 | 2,9273 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 1,0214 | 5,9946 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 2,3343 | 9,1929 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 4,2124 | 12,5200 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 6,6781 | 15,9757 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 9,7540 | 19,5603 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 13,4624 | 23,2737 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 17,8259 | 27,1159 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 22,8669 | 31,0870 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 28,6080 | 35,1870 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 35,0715 | 39,4159 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 42,2801 | 43,7738 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 50,2561 | 48,2606 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 59,0221 | 52,8764 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 68,6006 | 57,6212 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 79,0141 | 62,4951 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 90,2852 | 67,4979 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 102,4362 | 72,6298 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 115,4897 | 77,8908 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 129,4673 | 83,2602 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 177 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 7

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0588 | 0,0954 | -3,4547 | 2,5379 |
| 2 | 0,15 | -1,4897 | 2,1206 | -15,1487 | 7,2987 |
| 3 | 0,30 | -2,3881 | 1,3439 | -33,9724 | 15,0581 |
| 4 | 0,45 | -4,2383 | 3,2031 | -61,7569 | 25,1160 |
| 5 | 0,60 | -14,7629 | 6,5971 | -80,5007 | 36,1964 |
| 6 | 0,73 | -21,0496 | 11,0430 | 0,0000 | 56,2951 |
| 7 | 0,87 | -16,6842 | 16,7381 | 0,0000 | 97,3344 |
| 8 | 1,00 | -2,9132 | 23,4884 | 0,0000 | 177,7604 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 32,7495 | 0,0000 | 264,9937 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 62,0253 | -10,6878 | 374,7472 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 129,1967 | -59,6158 | 530,9350 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 155,3176 | -60,4148 | 529,9718 |
| 13 | 2,30 | -126,4772 | 0,0000 | -218,4702 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -83,1837 | 0,0000 | -200,7761 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -62,0831 | 0,0000 | -114,1065 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -49,4487 | 0,0000 | -68,8231 | 19,4576 |
| 17 | 2,90 | -41,6680 | 0,0000 | -46,4412 | 49,4052 |
| 18 | 3,05 | -39,7961 | 0,0000 | -37,7441 | 91,3528 |
| 19 | 3,20 | -48,1839 | 0,0000 | -32,1568 | 138,5056 |
| 20 | 3,33 | -58,0822 | 0,0000 | -30,6760 | 80,2476 |
| 21 | 3,47 | -61,4021 | 0,0000 | -30,9754 | 16,2187 |
| 22 | 3,60 | -60,2004 | 0,0000 | -32,8891 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -55,0093 | 0,0000 | -64,6594 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -45,3555 | 0,0000 | -114,1036 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -29,2732 | 0,0000 | -167,5224 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -15,5985 | 0,0000 | -117,0139 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -9,4216 | 0,0000 | -70,3579 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -4,1664 | 2,4773 | -33,2071 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,2876 | -10,5921 | 0,3420 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0975 | 1,2141 | -6,9775 | 91,6156 |
| 2 | 0,27 | -3,0182 | 5,8068 | -41,7843 | 90,4041 |
| 3 | 0,53 | -10,9999 | 6,7819 | -101,6051 | 160,0344 |
| 4 | 0,80 | -28,7235 | 5,1965 | -185,0020 | 159,2596 |
| 5 | 1,20 | -47,2460 | 0,7576 | -99,4293 | 96,4237 |
| 6 | 1,60 | -21,8701 | 5,2487 | -144,0423 | 205,0053 |
| 7 | 1,92 | -1,1858 | 15,3980 | -144,8460 | 108,2589 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 25,4768 | -52,1428 | 42,6963 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 26,0511 | -38,1702 | 50,4647 |
| 10 | 2,88 | -1,1843 | 17,0290 | -102,8697 | 142,8779 |
| 11 | 3,20 | -18,5017 | 5,2276 | -205,9576 | 142,0723 |
| 12 | 3,60 | -41,5068 | 0,7168 | -97,3377 | 97,3377 |
| 13 | 4,00 | -18,5017 | 5,2276 | -142,0723 | 205,9576 |
| 14 | 4,32 | -1,1843 | 17,0290 | -142,8779 | 102,8697 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 26,0511 | -50,4647 | 38,1702 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 178 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 25,4768 | -42,6963 | 52,1428 |
| 17 | 5,28 | -1,1858 | 15,3980 | -108,2589 | 144,8460 |
| 18 | 5,60 | -21,8701 | 5,2487 | -205,0053 | 144,0423 |
| 19 | 6,00 | -47,2460 | 0,7576 | -96,4237 | 99,4293 |
| 20 | 6,40 | -28,7235 | 5,1965 | -159,2596 | 185,0020 |
| 21 | 6,67 | -10,9999 | 6,7819 | -160,0344 | 101,6051 |
| 22 | 6,93 | -3,0182 | 5,8068 | -90,4041 | 41,7843 |
| 23 | 7,20 | -0,0975 | 1,2141 | -91,6156 | 6,9775 |

COMBINAZIONE n° 8

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 129,4593 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 118,9934 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 50,9930 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -2,60 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,20 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,07 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -4,60 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 290,0359 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -1,80 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 118,9934 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 513,8249 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 513,8249 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 118,9934 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,37 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,60 | [m] |
| Risultante in fondazione | 527,4234 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 13,04 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -191,3950 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 179 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|---------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 0,3053 | 3,5275 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 1,2374 | 7,1919 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 2,8191 | 10,9822 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 5,0721 | 14,8957 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 8,0178 | 18,9324 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 11,6777 | 23,0923 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 16,0733 | 27,3756 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 21,2260 | 31,7823 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 27,1574 | 36,3124 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 33,8889 | 40,9659 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 41,4421 | 45,7430 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 49,8384 | 50,6436 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 59,0995 | 55,6678 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 69,2468 | 60,8156 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 80,3018 | 66,0870 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 92,2861 | 71,4821 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 105,2213 | 77,0009 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 119,1289 | 82,6434 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 134,0305 | 88,4097 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 149,9466 | 94,2799 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 180 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 8

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,0664 | 0,0990 | -3,6166 | 2,7978 |
| 2 | 0,15 | -1,5792 | 2,2875 | -15,9265 | 8,1042 |
| 3 | 0,30 | -2,4829 | 1,5178 | -35,8400 | 16,6574 |
| 4 | 0,45 | -4,3673 | 3,6076 | -65,3420 | 27,6902 |
| 5 | 0,60 | -15,5033 | 7,3809 | -84,7316 | 39,8594 |
| 6 | 0,73 | -22,0821 | 12,2975 | 0,0000 | 61,6396 |
| 7 | 0,87 | -17,2200 | 18,5827 | 0,0000 | 105,8099 |
| 8 | 1,00 | -2,2519 | 26,0292 | 0,0000 | 192,2321 |
| 9 | 1,13 | 0,0000 | 36,1975 | 0,0000 | 285,8581 |
| 10 | 1,27 | 0,0000 | 67,8366 | -9,2783 | 403,6454 |
| 11 | 1,40 | 0,0000 | 140,1037 | -61,4737 | 571,2042 |
| 12 | 1,44 | 0,0000 | 168,1841 | -62,2668 | 570,2409 |
| 13 | 2,30 | -142,5594 | 0,0000 | -241,8621 | 0,0000 |
| 14 | 2,45 | -95,0060 | 0,0000 | -222,2179 | 0,0000 |
| 15 | 2,60 | -71,4429 | 0,0000 | -128,1812 | 0,0000 |
| 16 | 2,75 | -57,0869 | 0,0000 | -78,8229 | 16,6677 |
| 17 | 2,90 | -48,0404 | 0,0000 | -54,2416 | 49,2973 |
| 18 | 3,05 | -45,4359 | 0,0000 | -44,3804 | 94,9717 |
| 19 | 3,20 | -53,9734 | 0,0000 | -37,8995 | 146,0890 |
| 20 | 3,33 | -64,2539 | 0,0000 | -35,9280 | 83,2563 |
| 21 | 3,47 | -67,4878 | 0,0000 | -35,8708 | 15,6246 |
| 22 | 3,60 | -65,8921 | 0,0000 | -37,5815 | 0,0000 |
| 23 | 3,73 | -60,0389 | 0,0000 | -72,1323 | 0,0000 |
| 24 | 3,87 | -49,4154 | 0,0000 | -124,7156 | 0,0000 |
| 25 | 4,00 | -31,8966 | 0,0000 | -181,9190 | 0,0000 |
| 26 | 4,15 | -16,9984 | 0,0000 | -127,0492 | 0,0000 |
| 27 | 4,30 | -10,2368 | 0,0000 | -76,4256 | 0,0000 |
| 28 | 4,45 | -4,5105 | 2,6566 | -36,0917 | 0,0000 |
| 29 | 4,60 | 0,0000 | 0,3135 | -11,4682 | 0,3757 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,1147 | 1,3201 | -7,4932 | 98,2173 |
| 2 | 0,27 | -3,2484 | 6,2751 | -45,2569 | 96,9664 |
| 3 | 0,53 | -11,8612 | 7,2639 | -109,6667 | 171,4225 |
| 4 | 0,80 | -30,9686 | 5,5722 | -209,4830 | 170,6562 |
| 5 | 1,20 | -50,9567 | 0,8123 | -106,5264 | 103,3084 |
| 6 | 1,60 | -23,5830 | 5,6260 | -154,3414 | 229,6734 |
| 7 | 1,92 | -1,2709 | 16,6101 | -155,1348 | 116,8607 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 27,4832 | -55,6109 | 46,2809 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 28,1021 | -41,4010 | 53,7933 |
| 10 | 2,88 | -1,2693 | 18,3677 | -111,0557 | 153,0240 |
| 11 | 3,20 | -19,9532 | 5,6033 | -232,8866 | 152,2288 |
| 12 | 3,60 | -44,7725 | 0,7685 | -104,2824 | 104,2824 |
| 13 | 4,00 | -19,9532 | 5,6033 | -152,2288 | 232,8866 |
| 14 | 4,32 | -1,2693 | 18,3677 | -153,0240 | 111,0557 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 28,1021 | -53,7933 | 41,4010 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 181 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 27,4832 | -46,2809 | 55,6109 |
| 17 | 5,28 | -1,2709 | 16,6101 | -116,8607 | 155,1348 |
| 18 | 5,60 | -23,5830 | 5,6260 | -229,6734 | 154,3414 |
| 19 | 6,00 | -50,9567 | 0,8123 | -103,3084 | 106,5264 |
| 20 | 6,40 | -30,9686 | 5,5722 | -170,6562 | 209,4830 |
| 21 | 6,67 | -11,8612 | 7,2639 | -171,4225 | 109,6667 |
| 22 | 6,93 | -3,2484 | 6,2751 | -96,9664 | 45,2569 |
| 23 | 7,20 | -0,1147 | 1,3201 | -98,2173 | 7,4932 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 182 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 2,2461 | 0,1188 | 50,5188 | 1,4645 | 31,4645 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 4,5714 | 0,4981 | 56,2981 | 3,1236 | 33,1236 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 6,9759 | 1,1719 | 62,3719 | 4,9727 | 34,9727 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 9,4595 | 2,1734 | 68,7734 | 7,0110 | 37,0110 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 12,0223 | 3,5360 | 75,5360 | 9,2383 | 39,2383 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 14,6643 | 5,2931 | 82,6931 | 11,6546 | 41,6546 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 17,3854 | 7,4779 | 90,2779 | 14,2600 | 44,2600 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 20,1858 | 10,1237 | 98,3237 | 17,0544 | 47,0544 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 23,0652 | 13,2639 | 106,8639 | 20,0379 | 51,3865 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 26,0239 | 16,9317 | 115,9317 | 23,2105 | 57,8790 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 29,0617 | 21,1605 | 125,5605 | 26,5721 | 64,5278 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 32,1788 | 25,9836 | 135,7836 | 30,1227 | 71,3328 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 35,3749 | 31,4343 | 146,6343 | 33,8624 | 78,2943 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 38,6503 | 37,5460 | 158,1460 | 37,7912 | 85,4121 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 42,0048 | 44,3518 | 170,3518 | 41,9090 | 92,6864 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 45,4385 | 51,8852 | 183,2852 | 46,2159 | 100,1172 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 48,9514 | 60,1794 | 196,9794 | 50,7118 | 107,7046 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 52,5434 | 69,2678 | 211,4678 | 55,3967 | 115,4485 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 56,2146 | 79,1837 | 226,7837 | 60,2707 | 123,3492 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 59,9650 | 89,9588 | 242,9588 | 65,3036 | 131,3814 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,18 | 2,2461 | 2,2461 | 0,0891 | 0,3053 | 1,1265 | 3,5275 |
| 3 | 0,36 | 4,5714 | 4,5714 | 0,3737 | 1,2374 | 2,4027 | 7,1919 |
| 4 | 0,54 | 6,9759 | 6,9759 | 0,8800 | 2,8191 | 3,8252 | 10,9822 |
| 5 | 0,72 | 9,4595 | 9,4595 | 1,6333 | 5,0721 | 5,3931 | 14,8957 |
| 6 | 0,90 | 12,0223 | 12,0223 | 2,6591 | 8,0178 | 7,1064 | 18,9324 |
| 7 | 1,08 | 14,6643 | 14,6643 | 3,9829 | 11,6777 | 8,9651 | 23,0923 |
| 8 | 1,26 | 17,3854 | 17,3854 | 5,6301 | 16,0733 | 10,9692 | 27,3756 |
| 9 | 1,44 | 20,1858 | 20,1858 | 7,6262 | 21,2260 | 13,1188 | 31,7823 |
| 10 | 1,62 | 23,0652 | 23,0652 | 9,9967 | 27,1574 | 15,4138 | 36,3124 |
| 11 | 1,80 | 26,0239 | 26,0239 | 12,7669 | 33,8889 | 17,8542 | 40,9659 |
| 12 | 1,98 | 29,0617 | 29,0617 | 15,9624 | 41,4421 | 20,4401 | 45,7430 |
| 13 | 2,16 | 32,1788 | 32,1788 | 19,6087 | 49,8384 | 23,1713 | 50,6436 |
| 14 | 2,34 | 35,3749 | 35,3749 | 23,7311 | 59,0995 | 26,0480 | 55,6678 |
| 15 | 2,52 | 38,6503 | 38,6503 | 28,3552 | 69,2468 | 29,0701 | 60,8156 |
| 16 | 2,70 | 42,0048 | 42,0048 | 33,5064 | 80,3018 | 32,2377 | 66,0870 |
| 17 | 2,88 | 45,4385 | 45,4385 | 39,2101 | 92,2861 | 35,5507 | 71,4821 |
| 18 | 3,06 | 48,9514 | 48,9514 | 45,4919 | 105,2213 | 39,0090 | 77,0009 |
| 19 | 3,24 | 52,5434 | 52,5434 | 52,3772 | 119,1289 | 42,6129 | 82,6434 |
| 20 | 3,42 | 56,2146 | 56,2146 | 59,8913 | 134,0305 | 46,3621 | 88,4097 |
| 21 | 3,60 | 59,9650 | 59,9650 | 68,0588 | 149,9466 | 50,2335 | 94,2799 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 183 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---|
| Titolo | MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno |
| Versione | 10.10 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) |
| Utente | PROGIN S.P.A. |
| Licenza | AIU01054U |

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 184 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

ALLEGATO

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 2B

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 185 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 186 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) * (k_h / (1 \pm k_v))\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 187 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 188 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- Q_T portanza totale del palo
- Q_P portanza di base del palo
- Q_L portanza per attrito laterale del palo
- W_P peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_p(cN'_c + qN'_q + 1/2B\gamma N'_\gamma)$$

dove A_p è l'area portante efficace della punta del palo, c è la coesione, q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo, γ è il peso specifico del terreno, D è il diametro del palo ed i coefficienti N'_c , N'_q , N'_γ sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro η che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come: $K_0 = 1 - \sin\phi$.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 189 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove c_a è l'adesione palo-terreno, δ è l'angolo di attrito palo-terreno, γ è il peso specifico del terreno, z è la generica quota a partire dalla testa del palo, L e P sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo, K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica K espressa in Kg/cm²/cm che rappresenta la pressione (in Kg/cm²) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidezza assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite, X_{max} oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata, K .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 190 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

| | |
|---------------------|--|
| γ_{Gsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Gfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Qsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili |
| γ_{Qfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato |
| γ_c | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata |
| γ_{cu} | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata |
| γ_{qu} | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo |
| γ_γ | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce |

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,30 | 1,00 | 1,10 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

| | Coefficienti parziali | | |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 |
| Capacità portante della fondazione | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale | | 1,10 | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 191 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali

Pali trivellati

| | | R1 | R2 | R3 |
|-----------------------|---------------|------|------|------|
| Punta | γ_b | 1,00 | 1,70 | 1,35 |
| Laterale compressione | γ_s | 1,00 | 1,45 | 1,15 |
| Totale compressione | γ_t | 1,00 | 1,60 | 1,30 |
| Laterale trazione | γ_{st} | 1,00 | 1,60 | 1,25 |

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali γ_T per le verifiche dei pali.

| | | R1 | R2 | R3 |
|--|------------|------|------|------|
| | γ_T | 1,00 | 1,60 | 1,30 |

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

| | | | |
|------------------------------|---|--------------|--------------|
| Numero di verticali indagate | 1 | $\xi_3=1,70$ | $\xi_4=1,70$ |
|------------------------------|---|--------------|--------------|

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 192 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

| | |
|--|----------|
| Altezza del paramento | 6,35 [m] |
| Spessore in sommità | 0,50 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 1,12 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 5,70 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0,00 [°] |
| Lunghezza del muro | 7,20 [m] |

Fondazione

| | |
|---|----------|
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 1,17 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 2,30 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 4,59 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°] |
| Spessore fondazione | 1,00 [m] |
| Spessore magrone | 0,20 [m] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 193 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Descrizione pali di fondazione

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Pali in c.a. | |
| Numero di file di pali | 2 |
| Vincolo pali/fondazione | Incastro |
| Tipo di portanza | Portanza laterale e portanza di punta |

Simbologia adottata

| | |
|------|--|
| N | numero d'ordine della fila |
| X | ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m] |
| nr. | Numero di pali della fila |
| D | diametro dei pali della fila espresso in [m] |
| L | lunghezza dei pali della fila espressa in [m] |
| alfa | inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°] |
| ALL | allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI) |

| N | X | Nr. | D | L | alfa | ALL |
|---|------|-----|--------|-------|------|----------|
| 1 | 1,00 | 3 | 0,8000 | 14,00 | 0,00 | Centrati |
| 2 | 3,60 | 3 | 0,8000 | 14,00 | 0,00 | Centrati |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 194 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

| | |
|---|----------------|
| Peso specifico | 24,517 [kN/mc] |
| Classe di Resistenza | C25/30 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 30000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 31447048 [kPa] |

Acciaio

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Calcestruzzo utilizzato per i pali

| | |
|---|----------------|
| Classe di Resistenza | C32/40 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 40000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 33642648 [kPa] |

Acciaio utilizzato per i pali

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione ammissibile σ_{fa} | 449936 [kPa] |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

| N | X | Y | A |
|---|-------|------|------|
| 1 | 15,00 | 0,00 | 0,00 |

Terreno a valle del muro

| | | |
|--|------|-----|
| Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale | 0,00 | [°] |
| Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento | 0,00 | [m] |

Falda

| | | |
|---|------|-----|
| Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione | 0,00 | [m] |
|---|------|-----|

Descrizione terreni

Simbologia adottata

| Nr. | Descrizione terreno | Indice del terreno |
|------------|---|--------------------|
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] | |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] | |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] | |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] | |
| c | Coesione espressa in [kPa] | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 195 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35.00 | 23.33 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25.00 | 16.67 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27.00 | 18.00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31.00 | 20.67 | 120,0 | 0,0 |

Parametri medi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35.00 | 23.33 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25.00 | 16.67 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27.00 | 18.00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31.00 | 20.67 | 120,0 | 0,0 |

Parametri minimi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 30.00 | 20.00 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25.00 | 16.67 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27.00 | 18.00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31.00 | 20.67 | 120,0 | 0,0 |

Stratigrafia

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| N | Indice dello strato |
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| α | Inclinazione espressa in [°] |
| Kw | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm |
| Ks | Coefficiente di spinta |
| Terreno | Terreno dello strato |

| Nr. | H | α | Kw | Ks | Terreno |
|-----|-------|----------|------|-------|----------|
| 1 | 7,00 | 0,00 | 1,40 | 43,00 | Rilevato |
| 2 | 1,00 | 0,00 | 1,40 | 50,00 | Ala |
| 3 | 4,00 | 0,00 | 2,00 | 50,00 | Salt |
| 4 | 20,00 | 0,00 | 2,00 | 48,00 | Ap/Pa |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 196 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m] |
| D/C | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato |

Condizione n° 1 (SOVRACCARICO STRADALE)

| | | | | | |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|
| D | Profilo | $X_i=0,00$ | $X_f=7,80$ | $Q_i=60,0000$ | $Q_f=20,0000$ |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|

Condizione n° 2 (Urto Veicolo)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|----------|---------------|--------------|
| C | Paramento | $X=-0,25$ | $Y=0,00$ | $F_x=20,0000$ | $F_y=0,0000$ |
| | | $M=30,0000$ | | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 197 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| F/S | Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole) |
| γ | Coefficiente di partecipazione della condizione |
| Ψ | Coefficiente di combinazione della condizione |

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1.00 | 1,30 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 6 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|-----|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |

Combinazione n° 7 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 8 - Rara (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 198 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Impostazioni analisi pali

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| <u>Numero elementi palo</u> | 40 |
| <u>Tipo carico palo</u> | Distribuito |
| <u>Calcolo della portanza</u> | metodo di Vesic |
| <u>Costante di Winkler</u> | da Strato |

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Spostamento limite pari a 0,0150 m

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

Andamento pressione verticale

Geostatica

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio | 1.15 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza per la sezione | 1.00 |

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 199 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------------|---|
| <i>C</i> | Identificativo della combinazione |
| <i>Tipo</i> | Tipo combinazione |
| <i>Sisma</i> | Combinazione sismica |
| <i>CS_{SCO}</i> | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| <i>CS_{RIB}</i> | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| <i>CS_{QUIM}</i> | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| <i>CS_{STAB}</i> | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |

| C | Tipo | Sisma | CS_{SCO} | CS_{RIB} | CS_{qlim} | CS_{stab} |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2 | A1-M1 - [2] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3 | A1-M1 - [3] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | -- |
| 5 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | -- |
| 6 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 8 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 200 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta a riposo

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

2.06 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.19

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (β_m)

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 24.51$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 12.25$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

7,20 [m]

Peso muro

237,0381 [kN]

Baricentro del muro

X=-0,22 Y=-5,06

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 2,30 Y = -7,25

Punto superiore superficie di spinta

X = 2,30 Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

7,25 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica

268,2318 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

246,7737 [kN]

Componente verticale della spinta statica

105,1239 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 2,30 [m] Y = -4,47 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

23,07 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

53,01 [°]

Punto d'applicazione della spinta della falda

X = 2,30 [m] Y = -7,25 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte

287,5000 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

X = 1,15 [m] Y = -3,13 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale

246,7737 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale

629,6620 [kN]

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 201 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | |
|---|----------|-------|
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 629,6620 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 246,7737 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,27 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,59 | [m] |
| Risultante in fondazione | 676,2925 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 21,40 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 169,3397 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 202 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 0,5835 | 4,0267 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 2,4521 | 8,6319 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 5,7819 | 13,8086 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 10,7473 | 19,5551 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 17,5226 | 25,8714 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 26,2822 | 32,7576 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 37,2003 | 40,2135 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 50,4513 | 48,2393 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 66,2096 | 56,8349 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 84,6495 | 66,0003 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 105,9452 | 75,7356 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 130,2711 | 86,0406 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 157,8016 | 96,9155 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 188,7110 | 108,3602 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 223,1736 | 120,3747 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 261,3637 | 132,9590 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 303,4557 | 146,1132 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 349,6239 | 159,8371 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 400,0426 | 174,1309 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 454,8786 | 188,9033 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 203 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 1

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2298 | 0,1567 | -6,1431 | 13,4445 |
| 2 | 0,15 | -2,2862 | 3,3906 | -28,3192 | 22,9922 |
| 3 | 0,30 | -3,7355 | 6,5276 | -62,4892 | 39,2731 |
| 4 | 0,45 | -9,7548 | 11,9907 | -117,8732 | 61,2595 |
| 5 | 0,59 | -35,5620 | 20,1999 | -120,7819 | 103,5708 |
| 6 | 0,73 | -42,3236 | 28,6710 | 0,0000 | 205,6010 |
| 7 | 0,86 | -9,4674 | 40,2538 | 0,0000 | 451,2029 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 70,4660 | -31,1068 | 791,7401 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 277,2079 | -32,7985 | 1259,9935 |
| 10 | 2,29 | -400,2939 | 0,0000 | -387,5320 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -341,0690 | 0,0000 | -360,3992 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -291,9129 | 0,0000 | -309,1077 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -248,6866 | 0,0000 | -272,7231 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -210,1986 | 0,0000 | -245,8904 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -176,7454 | 0,0000 | -222,6915 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -150,3344 | 0,0000 | -200,6007 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -130,3475 | 0,0000 | -182,2738 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -110,1646 | 0,0000 | -164,6169 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -90,5892 | 0,0000 | -151,5384 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -71,8318 | 0,0000 | -149,0093 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -53,7103 | 0,0000 | -147,1815 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -35,4646 | 0,0000 | -148,2675 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -19,4618 | 0,0000 | -106,7094 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -9,4761 | 0,0000 | -68,3036 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -2,8771 | 0,0000 | -33,5852 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,3658 | -5,8739 | 0,1369 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2723 | 1,2876 | -2,7185 | 77,1067 |
| 2 | 0,27 | -0,6640 | 8,5278 | -37,2808 | 122,9226 |
| 3 | 0,53 | -3,9693 | 14,6092 | -134,9913 | 201,3632 |
| 4 | 0,80 | -23,0818 | 17,4236 | -559,0410 | 199,6283 |
| 5 | 1,20 | -39,9933 | 0,0000 | -350,8260 | 367,9733 |
| 6 | 1,60 | -20,5906 | 16,8553 | -182,9022 | 561,9075 |
| 7 | 1,92 | 0,0000 | 19,2682 | -184,7610 | 133,3883 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 22,3007 | -78,2755 | 41,7220 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 22,2718 | -41,4944 | 76,7356 |
| 10 | 2,88 | 0,0000 | 19,1733 | -133,1571 | 182,7690 |
| 11 | 3,20 | -20,6775 | 16,8047 | -520,5469 | 180,9166 |
| 12 | 3,60 | -39,5339 | 0,0000 | -313,8693 | 313,8693 |
| 13 | 4,00 | -20,6775 | 16,8047 | -180,9166 | 520,5469 |
| 14 | 4,32 | 0,0000 | 19,1733 | -182,7690 | 133,1571 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 22,2718 | -76,7356 | 41,4944 |
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 22,3007 | -41,7220 | 78,2755 |
| 17 | 5,28 | 0,0000 | 19,2682 | -133,3883 | 184,7610 |
| 18 | 5,60 | -20,5906 | 16,8553 | -561,9075 | 182,9022 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 204 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 19 | 6,00 | -39,9933 | 0,0000 | -367,9733 | 350,8260 |
| 20 | 6,40 | -23,0818 | 17,4236 | -199,6283 | 559,0410 |
| 21 | 6,67 | -3,9693 | 14,6092 | -201,3632 | 134,9913 |
| 22 | 6,93 | -0,6640 | 8,5278 | -122,9226 | 37,2808 |
| 23 | 7,20 | -0,2723 | 1,2876 | -77,1067 | 2,7185 |

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 369,0437 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 339,4334 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 144,8384 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,16 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,11 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,44 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 474,1538 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 339,4334 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 856,0303 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 856,0303 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 339,4334 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,26 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,59 | [m] |
| Risultante in fondazione | 920,8708 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 21,63 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 226,1515 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 205 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 1,5613 | 10,2705 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 6,3456 | 21,0330 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 14,5001 | 32,2693 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 26,1683 | 43,9753 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 41,4931 | 56,1513 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 60,6177 | 68,7977 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 83,6855 | 81,9148 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 110,8399 | 95,5029 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 142,2243 | 109,5623 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 177,9823 | 124,0932 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 218,2576 | 139,0958 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 263,1939 | 154,5704 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 312,9350 | 170,5171 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 367,6247 | 186,9362 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 427,4068 | 203,8277 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 492,4254 | 221,1920 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 562,8244 | 239,0290 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 638,7479 | 257,3389 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 720,3399 | 276,1219 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 807,7382 | 295,3025 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 206 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 2

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,3298 | 0,1974 | -7,8574 | 18,5584 |
| 2 | 0,15 | -3,0320 | 4,7109 | -37,0360 | 32,7152 |
| 3 | 0,30 | -4,7125 | 9,2792 | -82,3021 | 56,1563 |
| 4 | 0,45 | -12,4283 | 17,2074 | -156,4281 | 87,5610 |
| 5 | 0,59 | -46,8844 | 29,0711 | -159,3198 | 146,5785 |
| 6 | 0,73 | -55,3087 | 41,3815 | 0,0000 | 286,5864 |
| 7 | 0,86 | -9,6217 | 58,0885 | 0,0000 | 622,4867 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 100,3403 | -33,3594 | 1087,1520 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 383,5972 | -34,8047 | 1726,5009 |
| 10 | 2,29 | -574,0146 | 0,0000 | -559,0195 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -489,1993 | 0,0000 | -518,8345 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -418,2553 | 0,0000 | -446,3722 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -355,7715 | 0,0000 | -394,1252 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -300,1343 | 0,0000 | -355,0944 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -251,7023 | 0,0000 | -320,7462 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -213,2114 | 0,0000 | -288,1500 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -184,0461 | 0,0000 | -261,1710 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -154,9271 | 0,0000 | -235,0919 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -126,9217 | 0,0000 | -215,5011 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -100,2953 | 0,0000 | -210,0026 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -74,7870 | 0,0000 | -205,6672 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -49,3395 | 0,0000 | -205,4897 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -27,0464 | 0,0000 | -147,7075 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -13,1129 | 0,0000 | -94,4712 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -3,9493 | 0,0000 | -46,4698 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,5082 | -7,9506 | 0,1751 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,4229 | 1,7849 | -3,6666 | 104,7556 |
| 2 | 0,27 | -0,8507 | 11,5850 | -51,0356 | 166,8677 |
| 3 | 0,53 | -5,3057 | 19,8952 | -184,2391 | 274,0414 |
| 4 | 0,80 | -31,4688 | 23,7604 | -843,2915 | 272,3297 |
| 5 | 1,20 | -54,4780 | 0,0000 | -548,9017 | 583,2201 |
| 6 | 1,60 | -28,0605 | 22,9747 | -249,5145 | 836,3361 |
| 7 | 1,92 | 0,0000 | 26,2478 | -251,3439 | 182,1995 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 30,3752 | -105,6498 | 57,4752 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 30,3359 | -57,1663 | 103,5406 |
| 10 | 2,88 | 0,0000 | 26,1183 | -181,8892 | 248,6220 |
| 11 | 3,20 | -28,1788 | 22,9054 | -768,9972 | 246,7992 |
| 12 | 3,60 | -53,8479 | 0,0000 | -487,5890 | 487,5890 |
| 13 | 4,00 | -28,1788 | 22,9054 | -246,7992 | 768,9972 |
| 14 | 4,32 | 0,0000 | 26,1183 | -248,6220 | 181,8892 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 30,3359 | -103,5406 | 57,1663 |
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 30,3752 | -57,4752 | 105,6498 |
| 17 | 5,28 | 0,0000 | 26,2478 | -182,1995 | 251,3439 |
| 18 | 5,60 | -28,0605 | 22,9747 | -836,3361 | 249,5145 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 207 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 19 | 6,00 | -54,4780 | 0,0000 | -583,2201 | 548,9017 |
| 20 | 6,40 | -31,4688 | 23,7604 | -272,3297 | 843,2915 |
| 21 | 6,67 | -5,3057 | 19,8952 | -274,0414 | 184,2391 |
| 22 | 6,93 | -0,8507 | 11,5850 | -166,8677 | 51,0356 |
| 23 | 7,20 | -0,4229 | 1,7849 | -104,7556 | 3,6666 |

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 268,2318 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 246,7737 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 105,1239 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,47 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,07 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 287,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |

Risultanti carichi esterni

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Componente dir. X | 30,00 | [kN] |
|-------------------|-------|------|

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 276,7737 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 629,6620 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 629,6620 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 276,7737 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,69 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,59 | [m] |
| Risultante in fondazione | 687,8066 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 23,73 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 431,8397 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 208 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 45,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 54,9585 | 34,0267 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 66,2021 | 38,6319 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 78,9069 | 43,8086 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 93,2473 | 49,5551 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 109,3976 | 55,8714 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 127,5322 | 62,7576 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 147,8253 | 70,2135 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 170,4513 | 78,2393 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 195,5846 | 86,8349 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 223,3995 | 96,0003 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 254,0702 | 105,7356 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 287,7711 | 116,0406 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 324,6766 | 126,9155 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 364,9610 | 138,3602 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 408,7986 | 150,3747 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 456,3637 | 162,9590 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 507,8307 | 176,1132 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 563,3739 | 189,8371 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 623,1676 | 204,1309 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 687,3786 | 218,9033 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 209 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 3

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2876 | 0,1802 | -7,1355 | 16,4016 |
| 2 | 0,15 | -2,7173 | 4,1538 | -33,3593 | 28,6133 |
| 3 | 0,30 | -4,3002 | 8,1182 | -73,9429 | 49,0328 |
| 4 | 0,45 | -11,3002 | 15,0062 | -140,1604 | 76,4647 |
| 5 | 0,59 | -42,1069 | 25,3279 | -143,0581 | 128,4326 |
| 6 | 0,73 | -49,8297 | 36,0183 | 0,0000 | 252,4151 |
| 7 | 0,86 | -9,5566 | 50,5631 | 0,0000 | 550,2145 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 87,7348 | -32,4154 | 962,5026 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 338,7061 | -33,9517 | 1529,6578 |
| 10 | 2,29 | -530,6088 | 0,0000 | -467,5610 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -462,5532 | 0,0000 | -439,6366 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -399,9177 | 0,0000 | -407,5775 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -341,8407 | 0,0000 | -377,7479 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -288,0767 | 0,0000 | -349,7512 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -238,4127 | 0,0000 | -323,7081 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -194,0781 | 0,0000 | -299,2035 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -158,4866 | 0,0000 | -266,4830 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -126,4621 | 0,0000 | -234,7344 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -98,0647 | 0,0000 | -203,2858 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -73,3220 | 0,0000 | -173,6057 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -52,2244 | 0,0000 | -146,3411 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -34,7388 | 0,0000 | -119,3013 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -19,2853 | 0,0000 | -89,1635 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -8,5592 | 0,0000 | -59,0791 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -2,1452 | 0,0000 | -29,5311 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,3614 | -2,0031 | 0,5141 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,3593 | 1,1272 | -16,5845 | 93,0990 |
| 2 | 0,27 | -0,0181 | 10,2950 | -45,2346 | 148,3200 |
| 3 | 0,53 | -3,0893 | 17,6648 | -163,4615 | 243,3739 |
| 4 | 0,80 | -27,9299 | 21,0866 | -721,3252 | 241,6542 |
| 5 | 1,20 | -48,3662 | 6,4107 | -463,7774 | 490,3700 |
| 6 | 1,60 | -24,9086 | 20,3926 | -221,4085 | 718,9947 |
| 7 | 1,92 | -1,8319 | 23,3028 | -223,2481 | 161,6069 |
| 8 | 2,24 | -2,9848 | 26,9681 | -94,0826 | 50,8347 |
| 9 | 2,56 | -3,1081 | 26,9332 | -50,5601 | 92,2131 |
| 10 | 2,88 | -2,1838 | 23,1878 | -161,3301 | 220,8341 |
| 11 | 3,20 | -25,0136 | 20,3312 | -662,9520 | 219,0011 |
| 12 | 3,60 | -47,8081 | 5,1162 | -413,0764 | 413,0764 |
| 13 | 4,00 | -25,0136 | 20,3312 | -219,0011 | 662,9520 |
| 14 | 4,32 | -2,1838 | 23,1878 | -220,8341 | 161,3301 |
| 15 | 4,64 | -3,1081 | 26,9332 | -92,2131 | 50,5601 |
| 16 | 4,96 | -2,9848 | 26,9681 | -50,8347 | 94,0826 |
| 17 | 5,28 | -1,8319 | 23,3028 | -161,6069 | 223,2481 |
| 18 | 5,60 | -24,9086 | 20,3926 | -718,9947 | 221,4085 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|----------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | REL | 01 | A | 210 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 19 | 6,00 | -48,3662 | 6,4107 | -490,3700 | 463,7774 |
| 20 | 6,40 | -27,9299 | 21,0866 | -241,6542 | 721,3252 |
| 21 | 6,67 | -3,0893 | 17,6648 | -243,3739 | 163,4615 |
| 22 | 6,93 | -0,0181 | 10,2950 | -148,3200 | 45,2346 |
| 23 | 7,20 | -0,3593 | 1,1272 | -93,0990 | 16,5845 |

COMBINAZIONE n° 4

| | | | | |
|--|----------|-------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 206,1935 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 189,6956 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 80,8167 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,46 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,08 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 134,7790 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -3,63 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 36,94 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 287,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |
| Inerzia del muro | 58,1778 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | -29,0889 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 70,5630 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | -35,2815 | [kN] | | |
| Risultanti | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 442,4314 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 593,8106 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 593,8106 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 442,4314 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 1,43 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2,61 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 740,5110 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 36,69 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 846,9351 | [kNm] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 211 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 1,3424 | 8,8711 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 5,4721 | 18,2457 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 12,5418 | 28,1183 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 22,7032 | 38,4877 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 36,1078 | 49,3539 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 52,9070 | 60,7169 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 73,2524 | 72,5767 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 97,2955 | 84,9332 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 125,1878 | 97,7865 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 157,0808 | 111,1366 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 193,1260 | 124,9835 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 233,4748 | 139,3272 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 278,2789 | 154,1676 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 327,6897 | 169,5049 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 381,8587 | 185,3389 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 440,9374 | 201,6697 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 505,0774 | 218,4973 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 574,4301 | 235,8216 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 649,1470 | 253,6428 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 729,3738 | 271,8906 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 212 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 4

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,4109 | 0,2303 | -9,2395 | 22,6968 |
| 2 | 0,15 | -3,6362 | 5,7804 | -44,0911 | 40,5886 |
| 3 | 0,30 | -5,5039 | 11,5082 | -98,3482 | 69,8313 |
| 4 | 0,45 | -14,5941 | 21,4335 | -187,6582 | 108,8605 |
| 5 | 0,59 | -56,0565 | 36,2574 | -190,5413 | 181,4128 |
| 6 | 0,73 | -65,8278 | 51,6780 | 0,0000 | 352,1890 |
| 7 | 0,86 | -9,7467 | 72,5361 | 0,0000 | 761,2361 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 124,5410 | -35,1533 | 1326,4609 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 469,7814 | -36,4609 | 2104,4107 |
| 10 | 2,29 | -820,5113 | 0,0000 | -736,6818 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -711,3737 | 0,0000 | -714,6846 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -613,9675 | 0,0000 | -670,8372 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -522,6510 | 0,0000 | -639,7869 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -435,3561 | 0,0000 | -628,6459 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -349,8718 | 0,0000 | -634,1636 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -277,3834 | 0,0000 | -654,3707 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -221,7749 | 0,0000 | -540,3241 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -172,0017 | 0,0000 | -437,4563 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -128,7249 | 0,0000 | -337,4859 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -92,2481 | 0,0000 | -266,1422 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -62,4323 | 0,0000 | -219,7006 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -38,8611 | 0,0000 | -174,5335 | 7,8306 |
| 23 | 4,14 | -19,5184 | 0,0000 | -127,0813 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -12,7753 | 0,0000 | -80,3208 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -6,3488 | 2,5366 | -36,3469 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,3633 | -12,5707 | 3,7037 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,5449 | 1,2882 | -110,1295 | 127,1066 |
| 2 | 0,27 | -6,3716 | 14,0617 | -115,0736 | 202,4884 |
| 3 | 0,53 | -4,2319 | 24,1773 | -224,1230 | 332,9207 |
| 4 | 0,80 | -38,2630 | 41,0284 | -1083,4784 | 331,2202 |
| 5 | 1,20 | -66,2118 | 65,0878 | -716,8250 | 767,5082 |
| 6 | 1,60 | -34,1118 | 30,7770 | -303,4712 | 1066,1117 |
| 7 | 1,92 | -20,7924 | 31,9019 | -305,2865 | 221,7262 |
| 8 | 2,24 | -34,3245 | 36,9163 | -127,8933 | 70,2091 |
| 9 | 2,56 | -35,1896 | 36,8685 | -69,8339 | 125,3245 |
| 10 | 2,88 | -23,2529 | 31,7443 | -221,3515 | 301,9733 |
| 11 | 3,20 | -34,2556 | 27,8474 | -976,0701 | 300,1647 |
| 12 | 3,60 | -65,4434 | 56,3373 | -634,1237 | 634,1237 |
| 13 | 4,00 | -34,2556 | 27,8474 | -300,1647 | 976,0701 |
| 14 | 4,32 | -23,2529 | 31,7443 | -301,9733 | 221,3515 |
| 15 | 4,64 | -35,1896 | 36,8685 | -125,3245 | 69,8339 |
| 16 | 4,96 | -34,3245 | 36,9163 | -70,2091 | 127,8933 |
| 17 | 5,28 | -20,7924 | 31,9019 | -221,7262 | 305,2865 |
| 18 | 5,60 | -34,1118 | 30,7770 | -1066,1117 | 303,4712 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 213 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|-----------|
| 19 | 6,00 | -66,2118 | 65,0878 | -767,5082 | 716,8250 |
| 20 | 6,40 | -38,2630 | 41,0284 | -331,2202 | 1083,4784 |
| 21 | 6,67 | -4,2319 | 24,1773 | -332,9207 | 224,1230 |
| 22 | 6,93 | -6,3716 | 14,0617 | -202,4884 | 115,0736 |
| 23 | 7,20 | -0,5449 | 1,2882 | -127,1066 | 110,1295 |

COMBINAZIONE n° 5

| | | | | |
|--|----------|-------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 206,1935 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 189,6956 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 80,8167 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,46 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,08 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 172,3064 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -3,63 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 41,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 287,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |
| Inerzia del muro | 58,1778 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 29,0889 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 70,5630 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 35,2815 | [kN] | | |
| <u>Risultanti</u> | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 476,9561 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 737,2600 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 737,2600 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 476,9561 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 1,18 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 3,35 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 878,0886 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 32,90 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 870,3815 | [kNm] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 214 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 5

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 1,5482 | 10,1882 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 6,2953 | 20,8799 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 14,3940 | 32,0696 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 25,9960 | 43,7561 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 41,2527 | 55,9394 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 60,3157 | 68,6195 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 83,3365 | 81,7964 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 110,4665 | 95,4700 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 141,8574 | 109,6404 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 177,6605 | 124,3076 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 218,0274 | 139,4716 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 263,1096 | 155,1324 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 313,0586 | 171,2899 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 368,0259 | 187,9443 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 428,1630 | 205,0954 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 493,6214 | 222,7433 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 564,5527 | 240,8880 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 641,1082 | 259,5294 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 723,4396 | 278,6677 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 811,6925 | 298,2325 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 215 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 5

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,4636 | 0,2517 | -10,1374 | 25,3892 |
| 2 | 0,15 | -4,0294 | 6,4765 | -48,6813 | 45,7125 |
| 3 | 0,30 | -6,0191 | 12,9590 | -108,7910 | 78,7316 |
| 4 | 0,45 | -16,0037 | 24,1840 | -207,9842 | 122,7221 |
| 5 | 0,59 | -62,0263 | 40,9348 | -210,8631 | 204,0841 |
| 6 | 0,73 | -72,6743 | 58,3797 | 0,0000 | 394,8873 |
| 7 | 0,86 | -9,8281 | 81,9396 | 0,0000 | 851,5428 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 140,2925 | -36,3114 | 1482,2202 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 525,8763 | -37,5483 | 2350,3812 |
| 10 | 2,29 | -764,0912 | 0,0000 | -685,0093 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -662,7452 | 0,0000 | -662,9873 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -572,0772 | 0,0000 | -621,7299 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -487,1509 | 0,0000 | -591,6331 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -406,1645 | 0,0000 | -578,9420 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -327,1976 | 0,0000 | -580,7051 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -259,9757 | 0,0000 | -595,3368 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -208,2404 | 0,0000 | -493,8574 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -161,9082 | 0,0000 | -402,1016 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -121,5604 | 0,0000 | -312,9248 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -87,4605 | 0,0000 | -248,0678 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -59,4882 | 0,0000 | -205,0823 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -37,2825 | 0,0000 | -163,2686 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -18,9347 | 0,0000 | -119,1445 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -11,9308 | 0,0000 | -75,6195 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -5,6891 | 2,0153 | -34,7301 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,3523 | -11,3062 | 4,0675 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,6243 | 1,4202 | -96,2530 | 141,6400 |
| 2 | 0,27 | -5,4413 | 15,6737 | -100,7915 | 225,6781 |
| 3 | 0,53 | -4,7209 | 26,9644 | -250,0795 | 371,2445 |
| 4 | 0,80 | -42,6852 | 35,7321 | -1182,4139 | 369,5493 |
| 5 | 1,20 | -73,8490 | 56,5511 | -828,4752 | 830,0607 |
| 6 | 1,60 | -38,0503 | 31,1584 | -338,5888 | 1218,0199 |
| 7 | 1,92 | -18,0408 | 35,5819 | -340,3974 | 247,4494 |
| 8 | 2,24 | -29,7775 | 41,1736 | -142,3863 | 78,4906 |
| 9 | 2,56 | -30,5335 | 41,1203 | -78,0722 | 139,5187 |
| 10 | 2,88 | -20,1910 | 35,4061 | -247,0326 | 336,6994 |
| 11 | 3,20 | -38,2108 | 31,0640 | -1112,6529 | 334,8975 |
| 12 | 3,60 | -72,9905 | 48,8990 | -731,3040 | 731,3040 |
| 13 | 4,00 | -38,2108 | 31,0640 | -334,8975 | 1112,6529 |
| 14 | 4,32 | -20,1910 | 35,4061 | -336,6994 | 247,0326 |
| 15 | 4,64 | -30,5335 | 41,1203 | -139,5187 | 78,0722 |
| 16 | 4,96 | -29,7775 | 41,1736 | -78,4906 | 142,3863 |
| 17 | 5,28 | -18,0408 | 35,5819 | -247,4494 | 340,3974 |
| 18 | 5,60 | -38,0503 | 31,1584 | -1218,0199 | 338,5888 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 216 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|-----------|
| 19 | 6,00 | -73,8490 | 56,5511 | -830,0607 | 828,4752 |
| 20 | 6,40 | -42,6852 | 35,7321 | -369,5493 | 1182,4139 |
| 21 | 6,67 | -4,7209 | 26,9644 | -371,2445 | 250,0795 |
| 22 | 6,93 | -5,4413 | 15,6737 | -225,6781 | 100,7915 |
| 23 | 7,20 | -0,6243 | 1,4202 | -141,6400 | 96,2530 |

COMBINAZIONE n° 6

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 206,1935 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 189,6956 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 80,8167 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,46 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,08 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 53,01 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |

| | | | | |
|---|----------|------|-----------|-----|
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 287,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 189,6956 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 605,3548 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 605,3548 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 189,6956 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,11 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,59 | [m] |
| Risultante in fondazione | 634,3807 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 17,40 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 66,5718 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 217 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 6

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 0,4418 | 3,0975 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 1,8574 | 6,6399 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 4,3815 | 10,6220 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 8,1473 | 15,0424 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 13,2881 | 19,9011 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 19,9370 | 25,1981 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 28,2274 | 30,9335 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 38,2925 | 37,1072 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 50,2654 | 43,7192 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 64,2795 | 50,7695 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 80,4680 | 58,2581 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 98,9641 | 66,1851 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 119,9010 | 74,5504 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 143,4121 | 83,3540 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 169,6304 | 92,5959 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 198,6894 | 102,2762 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 230,7221 | 112,3947 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 265,8618 | 122,9516 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 304,2418 | 133,9468 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 345,9895 | 145,3103 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 218 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,1853 | 0,1386 | -5,3745 | 11,1638 |
| 2 | 0,15 | -1,9542 | 2,8028 | -24,4339 | 18,6608 |
| 3 | 0,30 | -3,3006 | 5,3027 | -53,6661 | 31,7557 |
| 4 | 0,45 | -8,5647 | 9,6683 | -100,7080 | 49,5447 |
| 5 | 0,59 | -30,5217 | 16,2508 | -103,6284 | 84,4204 |
| 6 | 0,73 | -36,5432 | 23,0128 | 0,0000 | 169,5473 |
| 7 | 0,86 | -9,3987 | 32,3144 | 0,0000 | 374,9496 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 57,1671 | -30,0818 | 660,2343 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 229,8474 | -31,9275 | 1052,3219 |
| 10 | 2,29 | -238,6385 | 0,0000 | -277,0950 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -191,3217 | 0,0000 | -256,6599 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -159,4131 | 0,0000 | -191,4284 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -134,2636 | 0,0000 | -153,3341 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -113,5625 | 0,0000 | -130,7959 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -97,9712 | 0,0000 | -116,6035 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -90,5331 | 0,0000 | -104,3494 | 1,8174 |
| 17 | 3,33 | -86,6439 | 0,0000 | -95,7131 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -79,3817 | 0,0000 | -88,2386 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -70,1249 | 0,0000 | -83,6151 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -59,2349 | 0,0000 | -103,2306 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -46,4005 | 0,0000 | -123,9162 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -30,3193 | 0,0000 | -149,5737 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -16,4184 | 0,0000 | -105,5924 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -8,8983 | 0,0000 | -65,4455 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -3,3460 | 1,0947 | -31,5942 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,3059 | -8,2902 | 0,3310 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2053 | 1,1761 | -4,1199 | 64,7650 |
| 2 | 0,27 | -1,7895 | 7,1668 | -31,1460 | 103,3803 |
| 3 | 0,53 | -7,2111 | 12,2561 | -113,0580 | 169,0131 |
| 4 | 0,80 | -19,3482 | 14,6027 | -439,0982 | 167,2609 |
| 5 | 1,20 | -33,5453 | 0,0000 | -267,7699 | 278,7484 |
| 6 | 1,60 | -17,2653 | 14,1312 | -153,2445 | 444,8619 |
| 7 | 1,92 | 0,0000 | 16,1612 | -155,1253 | 111,6460 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 18,7062 | -66,1612 | 34,6826 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 18,6820 | -34,4908 | 64,8766 |
| 10 | 2,88 | 0,0000 | 16,0816 | -111,4497 | 153,4582 |
| 11 | 3,20 | -17,3382 | 14,0890 | -413,9959 | 151,5838 |
| 12 | 3,60 | -33,1619 | 0,0000 | -240,5855 | 240,5855 |
| 13 | 4,00 | -17,3382 | 14,0890 | -151,5838 | 413,9959 |
| 14 | 4,32 | 0,0000 | 16,0816 | -153,4582 | 111,4497 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 18,6820 | -64,8766 | 34,4908 |
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 18,7062 | -34,6826 | 66,1612 |
| 17 | 5,28 | 0,0000 | 16,1612 | -111,6460 | 155,1253 |
| 18 | 5,60 | -17,2653 | 14,1312 | -444,8619 | 153,2445 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 219 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 19 | 6,00 | -33,5453 | 0,0000 | -278,7484 | 267,7699 |
| 20 | 6,40 | -19,3482 | 14,6027 | -167,2609 | 439,0982 |
| 21 | 6,67 | -7,2111 | 12,2561 | -169,0131 | 113,0580 |
| 22 | 6,93 | -1,7895 | 7,1668 | -103,3803 | 31,1460 |
| 23 | 7,20 | -0,2053 | 1,1761 | -64,7650 | 4,1199 |

COMBINAZIONE n° 7

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 256,4844 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 235,9195 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 100,6290 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,24 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,10 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,07 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 380,8269 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 235,9195 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 718,4941 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 718,4941 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 235,9195 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,13 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,59 | [m] |
| Risultante in fondazione | 756,2352 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18,18 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 94,8816 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 220 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 0,9307 | 6,2194 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 3,8041 | 12,8404 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 8,7406 | 19,8521 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 15,8576 | 27,2520 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 25,2729 | 35,0400 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 37,1040 | 43,2165 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 51,4685 | 51,7814 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 68,4842 | 60,7349 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 88,2687 | 70,0771 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 110,9398 | 79,8080 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 136,6152 | 89,9278 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 165,4127 | 100,4365 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 197,4502 | 111,3341 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 232,8454 | 122,6207 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 271,7162 | 134,2964 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 314,1804 | 146,3612 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 360,3558 | 158,8152 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 410,3605 | 171,6583 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 464,3122 | 184,8907 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 522,3237 | 198,4501 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 221 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 7

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2352 | 0,1589 | -6,2363 | 13,7218 |
| 2 | 0,15 | -2,3266 | 3,4621 | -28,7919 | 23,5192 |
| 3 | 0,30 | -3,7884 | 6,6767 | -63,5630 | 40,1880 |
| 4 | 0,45 | -9,8997 | 12,2733 | -119,9624 | 62,6851 |
| 5 | 0,59 | -36,1755 | 20,6806 | -122,8699 | 105,9014 |
| 6 | 0,73 | -43,0272 | 29,3597 | 0,0000 | 209,9892 |
| 7 | 0,86 | -9,4757 | 41,2201 | 0,0000 | 460,4839 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 72,0847 | -31,2304 | 807,7465 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 282,9724 | -32,9056 | 1285,2705 |
| 10 | 2,29 | -325,4147 | 0,0000 | -362,8012 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -265,3028 | 0,0000 | -335,8488 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -222,5079 | 0,0000 | -259,9930 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -187,7394 | 0,0000 | -213,9598 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -158,4740 | 0,0000 | -185,3325 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -135,4049 | 0,0000 | -165,5716 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -121,9409 | 0,0000 | -148,0708 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -113,4751 | 0,0000 | -135,1157 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -101,7540 | 0,0000 | -123,4377 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -88,2888 | 0,0000 | -116,7466 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -73,4685 | 0,0000 | -134,4111 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -56,9424 | 0,0000 | -153,5548 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -37,2587 | 0,0000 | -178,3629 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -20,2116 | 0,0000 | -126,1373 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -10,7181 | 0,0000 | -78,5696 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -3,8832 | 1,0062 | -38,0774 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,3771 | -9,4549 | 0,3681 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2805 | 1,4249 | -4,6067 | 78,6072 |
| 2 | 0,27 | -1,8842 | 8,6934 | -38,0268 | 125,3024 |
| 3 | 0,53 | -7,8834 | 14,8956 | -137,6604 | 205,3009 |
| 4 | 0,80 | -23,5363 | 17,7670 | -573,9711 | 203,5677 |
| 5 | 1,20 | -40,7781 | 0,0000 | -361,1958 | 379,1646 |
| 6 | 1,60 | -20,9954 | 17,1869 | -186,5117 | 576,4143 |
| 7 | 1,92 | 0,0000 | 19,6464 | -188,3684 | 136,0339 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 22,7382 | -79,7544 | 42,5772 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 22,7087 | -42,3452 | 78,1835 |
| 10 | 2,88 | 0,0000 | 19,5496 | -135,7985 | 186,3368 |
| 11 | 3,20 | -21,0839 | 17,1353 | -533,7234 | 184,4867 |
| 12 | 3,60 | -40,3095 | 0,0000 | -322,9966 | 322,9966 |
| 13 | 4,00 | -21,0839 | 17,1353 | -184,4867 | 533,7234 |
| 14 | 4,32 | 0,0000 | 19,5496 | -186,3368 | 135,7985 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 22,7087 | -78,1835 | 42,3452 |
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 22,7382 | -42,5772 | 79,7544 |
| 17 | 5,28 | 0,0000 | 19,6464 | -136,0339 | 188,3684 |
| 18 | 5,60 | -20,9954 | 17,1869 | -576,4143 | 186,5117 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 222 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 19 | 6,00 | -40,7781 | 0,0000 | -379,1646 | 361,1958 |
| 20 | 6,40 | -23,5363 | 17,7670 | -203,5677 | 573,9711 |
| 21 | 6,67 | -7,8834 | 14,8956 | -205,3009 | 137,6604 |
| 22 | 6,93 | -1,8842 | 8,6934 | -125,3024 | 38,0268 |
| 23 | 7,20 | -0,2805 | 1,4249 | -78,6072 | 4,6067 |

COMBINAZIONE n° 8

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 273,3478 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 251,4194 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 107,2721 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 2,30 | [m] | Y = -4,19 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 23,11 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,32 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 2,30 | [m] | Y = -7,25 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 411,9359 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,15 | [m] | Y = -3,13 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 251,4194 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 756,2461 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 756,2461 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 251,4194 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,14 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,59 | [m] |
| Risultante in fondazione | 796,9441 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18,39 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 104,4011 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 223 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 1,0937 | 7,2600 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 4,4531 | 14,9073 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 10,1936 | 22,9291 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 18,4279 | 31,3223 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 29,2682 | 40,0872 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 42,8270 | 49,2241 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 59,2168 | 58,7331 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 78,5503 | 68,6144 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 100,9400 | 78,8681 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 126,4986 | 89,4945 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 155,3389 | 100,4935 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 187,5735 | 111,8654 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 223,3153 | 123,6103 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 262,6772 | 135,7283 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 305,7719 | 148,2193 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 352,7123 | 161,0837 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 403,6114 | 174,3213 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 458,5821 | 187,9324 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 517,7374 | 201,9169 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 581,1852 | 216,2152 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 224 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 8

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.59

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,2519 | 0,1657 | -6,5234 | 14,5765 |
| 2 | 0,15 | -2,4512 | 3,6826 | -30,2485 | 25,1435 |
| 3 | 0,30 | -3,9516 | 7,1363 | -66,8725 | 43,0080 |
| 4 | 0,45 | -10,3462 | 13,1446 | -126,4020 | 67,0787 |
| 5 | 0,59 | -38,0665 | 22,1622 | -129,3060 | 113,0851 |
| 6 | 0,73 | -45,1959 | 31,4825 | 0,0000 | 223,5153 |
| 7 | 0,86 | -9,5015 | 44,1988 | 0,0000 | 489,0916 |
| 8 | 0,99 | 0,0000 | 77,0742 | -31,6100 | 857,0847 |
| 9 | 1,17 | 0,0000 | 300,7411 | -33,2373 | 1363,1844 |
| 10 | 2,29 | -354,4129 | 0,0000 | -391,3998 | 0,0000 |
| 11 | 2,44 | -290,0359 | 0,0000 | -362,2726 | 0,0000 |
| 12 | 2,59 | -243,6056 | 0,0000 | -282,8987 | 0,0000 |
| 13 | 2,74 | -205,6224 | 0,0000 | -234,2269 | 0,0000 |
| 14 | 2,89 | -173,4933 | 0,0000 | -203,5699 | 0,0000 |
| 15 | 3,04 | -147,9215 | 0,0000 | -181,9487 | 0,0000 |
| 16 | 3,19 | -132,4367 | 0,0000 | -162,6942 | 0,0000 |
| 17 | 3,33 | -122,4345 | 0,0000 | -148,2939 | 0,0000 |
| 18 | 3,46 | -109,2192 | 0,0000 | -135,2088 | 0,0000 |
| 19 | 3,59 | -94,3454 | 0,0000 | -127,6842 | 0,0000 |
| 20 | 3,73 | -78,2114 | 0,0000 | -144,7497 | 0,0000 |
| 21 | 3,86 | -60,4532 | 0,0000 | -163,3960 | 0,0000 |
| 22 | 3,99 | -39,5701 | 0,0000 | -187,9210 | 0,0000 |
| 23 | 4,14 | -21,4752 | 0,0000 | -132,9657 | 0,0000 |
| 24 | 4,29 | -11,3235 | 0,0000 | -82,9326 | 0,0000 |
| 25 | 4,44 | -4,0613 | 0,9755 | -40,2318 | 0,0000 |
| 26 | 4,59 | 0,0000 | 0,4009 | -9,8328 | 0,3788 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,3056 | 1,5077 | -4,7663 | 83,2302 |
| 2 | 0,27 | -1,9146 | 9,2040 | -40,3256 | 132,6392 |
| 3 | 0,53 | -8,1039 | 15,7785 | -145,8869 | 217,4388 |
| 4 | 0,80 | -24,9370 | 18,8253 | -620,3842 | 215,7105 |
| 5 | 1,20 | -43,1973 | 0,0000 | -393,4647 | 414,0530 |
| 6 | 1,60 | -22,2430 | 18,2089 | -197,6376 | 621,4354 |
| 7 | 1,92 | 0,0000 | 20,8121 | -199,4882 | 144,1879 |
| 8 | 2,24 | 0,0000 | 24,0867 | -84,3171 | 45,2118 |
| 9 | 2,56 | 0,0000 | 24,0556 | -44,9663 | 82,6509 |
| 10 | 2,88 | 0,0000 | 20,7095 | -143,9394 | 197,3347 |
| 11 | 3,20 | -22,3368 | 18,1542 | -574,5803 | 195,4907 |
| 12 | 3,60 | -42,7001 | 0,0000 | -351,3723 | 351,3723 |
| 13 | 4,00 | -22,3368 | 18,1542 | -195,4907 | 574,5803 |
| 14 | 4,32 | 0,0000 | 20,7095 | -197,3347 | 143,9394 |
| 15 | 4,64 | 0,0000 | 24,0556 | -82,6509 | 44,9663 |
| 16 | 4,96 | 0,0000 | 24,0867 | -45,2118 | 84,3171 |
| 17 | 5,28 | 0,0000 | 20,8121 | -144,1879 | 199,4882 |
| 18 | 5,60 | -22,2430 | 18,2089 | -621,4354 | 197,6376 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. REL | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------------|----------|------|--------------|
| L073 | 212 | E | 17 | OS0100 | | 01 | A | 225 di 278 |

| | | | | | |
|----|------|----------|---------|-----------|----------|
| 19 | 6,00 | -43,1973 | 0,0000 | -414,0530 | 393,4647 |
| 20 | 6,40 | -24,9370 | 18,8253 | -215,7105 | 620,3842 |
| 21 | 6,67 | -8,1039 | 15,7785 | -217,4388 | 145,8869 |
| 22 | 6,93 | -1,9146 | 9,2040 | -132,6392 | 40,3256 |
| 23 | 7,20 | -0,3056 | 1,5077 | -83,2302 | 4,7663 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 226 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 3,9499 | 0,5835 | 54,9585 | 4,0267 | 34,0267 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 8,1379 | 2,4521 | 66,2021 | 8,6319 | 38,6319 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 12,5642 | 5,7819 | 78,9069 | 13,8086 | 43,8086 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 17,2286 | 10,7473 | 93,2473 | 19,5551 | 49,5551 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 22,1313 | 17,5226 | 109,3976 | 25,8714 | 56,1513 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 27,2721 | 26,2822 | 127,5322 | 32,7576 | 68,7977 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 37,2003 | 147,8253 | 40,2135 | 81,9148 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 38,2683 | 50,4513 | 170,4513 | 48,2393 | 95,5029 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 44,1237 | 66,2096 | 195,5846 | 56,8349 | 109,6404 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 50,2172 | 84,6495 | 223,3995 | 66,0003 | 124,3076 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 56,5490 | 105,9452 | 254,0702 | 75,7356 | 139,4716 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 63,1189 | 130,2711 | 287,7711 | 86,0406 | 155,1324 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 69,9271 | 157,8016 | 324,6766 | 96,9155 | 171,2899 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 188,7110 | 368,0259 | 108,3602 | 187,9443 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 84,2579 | 223,1736 | 428,1630 | 120,3747 | 205,0954 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 91,7806 | 261,3637 | 493,6214 | 132,9590 | 222,7433 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 99,5415 | 303,4557 | 564,5527 | 146,1132 | 240,8880 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 107,5406 | 349,6239 | 641,1082 | 159,8371 | 259,5294 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 115,7778 | 400,0426 | 723,4396 | 174,1309 | 278,6677 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 124,2533 | 454,8786 | 811,6925 | 188,9033 | 298,2325 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,31 | 3,9499 | 3,9499 | 0,4418 | 1,0937 | 3,0975 | 7,2600 |
| 3 | 0,63 | 8,1379 | 8,1379 | 1,8574 | 4,4531 | 6,6399 | 14,9073 |
| 4 | 0,94 | 12,5642 | 12,5642 | 4,3815 | 10,1936 | 10,6220 | 22,9291 |
| 5 | 1,25 | 17,2286 | 17,2286 | 8,1473 | 18,4279 | 15,0424 | 31,3223 |
| 6 | 1,56 | 22,1313 | 22,1313 | 13,2881 | 29,2682 | 19,9011 | 40,0872 |
| 7 | 1,88 | 27,2721 | 27,2721 | 19,9370 | 42,8270 | 25,1981 | 49,2241 |
| 8 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 28,2274 | 59,2168 | 30,9335 | 58,7331 |
| 9 | 2,50 | 38,2683 | 38,2683 | 38,2925 | 78,5503 | 37,1072 | 68,6144 |
| 10 | 2,81 | 44,1237 | 44,1237 | 50,2654 | 100,9400 | 43,7192 | 78,8681 |
| 11 | 3,13 | 50,2172 | 50,2172 | 64,2795 | 126,4986 | 50,7695 | 89,4945 |
| 12 | 3,44 | 56,5490 | 56,5490 | 80,4680 | 155,3389 | 58,2581 | 100,4935 |
| 13 | 3,75 | 63,1189 | 63,1189 | 98,9641 | 187,5735 | 66,1851 | 111,8654 |
| 14 | 4,06 | 69,9271 | 69,9271 | 119,9010 | 223,3153 | 74,5504 | 123,6103 |
| 15 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 143,4121 | 262,6772 | 83,3540 | 135,7283 |
| 16 | 4,69 | 84,2579 | 84,2579 | 169,6304 | 305,7719 | 92,5959 | 148,2193 |
| 17 | 5,00 | 91,7806 | 91,7806 | 198,6894 | 352,7123 | 102,2762 | 161,0837 |
| 18 | 5,31 | 99,5415 | 99,5415 | 230,7221 | 403,6114 | 112,3947 | 174,3213 |
| 19 | 5,63 | 107,5406 | 107,5406 | 265,8618 | 458,5821 | 122,9516 | 187,9324 |
| 20 | 5,94 | 115,7778 | 115,7778 | 304,2418 | 517,7374 | 133,9468 | 201,9169 |
| 21 | 6,25 | 124,2533 | 124,2533 | 345,9895 | 581,1852 | 145,3103 | 216,2152 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 227 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---|
| Titolo | MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno |
| Versione | 10.10 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) |
| Utente | PROGIN S.P.A. |
| Licenza | AIU01054U |

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 228 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

ALLEGATO

TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 3

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 229 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 230 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h . In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} * (k_h / (1 \pm k_v))\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 231 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 232 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- Q_T portanza totale del palo
- Q_P portanza di base del palo
- Q_L portanza per attrito laterale del palo
- W_P peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_p (cN'_c + qN'_q + 1/2B\gamma N'_\gamma)$$

dove A_p è l'area portante efficace della punta del palo, c è la coesione, q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo, γ è il peso specifico del terreno, D è il diametro del palo ed i coefficienti N'_c , N'_q , N'_γ sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro η che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come: $K_0 = 1 - \sin\phi$.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 233 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove c_a è l'adesione palo-terreno, δ è l'angolo di attrito palo-terreno, γ è il peso specifico del terreno, z è la generica quota a partire dalla testa del palo, L e P sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo, K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica K espressa in $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$ che rappresenta la pressione (in Kg/cm^2) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite, X_{\max} oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidità.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidità del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidità di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3×3) della palificata, K .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N , T , M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno.

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 234 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

| | |
|---------------------|--|
| γ_{Gsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Gfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Qsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili |
| γ_{Qfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato |
| γ_c | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata |
| γ_{cu} | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata |
| γ_{qu} | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo |
| γ_γ | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce |

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,30 | 1,00 | 1,10 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | A1 | A2 | EQU | HYD |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|-------------------------------------|---------------------|--|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi'}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

| | Coefficienti parziali | | |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 |
| Capacità portante della fondazione | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale | | 1,10 | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 235 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali

Pali trivellati

| | | R1 | R2 | R3 |
|-----------------------|---------------|------|------|------|
| Punta | γ_b | 1,00 | 1,70 | 1,35 |
| Laterale compressione | γ_s | 1,00 | 1,45 | 1,15 |
| Totale compressione | γ_t | 1,00 | 1,60 | 1,30 |
| Laterale trazione | γ_{st} | 1,00 | 1,60 | 1,25 |

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali γ_T per le verifiche dei pali.

| | | R1 | R2 | R3 |
|--|------------|------|------|------|
| | γ_T | 1,00 | 1,60 | 1,30 |

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

| | | | |
|------------------------------|---|--------------|--------------|
| Numero di verticali indagate | 1 | $\xi_3=1,70$ | $\xi_4=1,70$ |
|------------------------------|---|--------------|--------------|

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 236 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Geometria muro e fondazione

Descrizione

| | |
|--|-------------------------------|
| | Muro a mensola in c.a. |
| Altezza del paramento | 8,75 [m] |
| Spessore in sommità | 0,50 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 1,37 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 5,70 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0,00 [°] |
| Lunghezza del muro | 7,20 [m] |

Fondazione

| | |
|---|----------|
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 1,45 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 3,70 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 6,52 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°] |
| Spessore fondazione | 1,30 [m] |
| Spessore magrone | 0,20 [m] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 237 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Descrizione pali di fondazione

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Pali in c.a. | |
| Numero di file di pali | 3 |
| Vincolo pali/fondazione | Incastro |
| Tipo di portanza | Portanza laterale e portanza di punta |

Simbologia adottata

| | |
|------|--|
| N | numero d'ordine della fila |
| X | ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m] |
| nr. | Numero di pali della fila |
| D | diametro dei pali della fila espresso in [m] |
| L | lunghezza dei pali della fila espressa in [m] |
| alfa | inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°] |
| ALL | allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI) |

| N | X | Nr. | D | L | alfa | ALL |
|---|------|-----|--------|-------|------|----------|
| 1 | 0,80 | 3 | 0,8000 | 16,00 | 0,00 | Centrati |
| 2 | 3,00 | 3 | 0,8000 | 16,00 | 0,00 | Centrati |
| 3 | 5,70 | 3 | 0,8000 | 16,00 | 0,00 | Centrati |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 238 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

| | |
|---|----------------|
| Peso specifico | 24,517 [kN/mc] |
| Classe di Resistenza | C25/30 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 30000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 31447048 [kPa] |

Acciaio

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Calcestruzzo utilizzato per i pali

| | |
|---|----------------|
| Classe di Resistenza | C32/40 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 40000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 33642648 [kPa] |

Acciaio utilizzato per i pali

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione ammissibile σ_{fa} | 449936 [kPa] |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

| N | X | Y | A |
|---|-------|------|------|
| 1 | 15,00 | 0,00 | 0,00 |

Terreno a valle del muro

| | | |
|--|------|-----|
| Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale | 0,00 | [°] |
| Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento | 0,00 | [m] |

Falda

| | | |
|---|------|-----|
| Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione | 0,00 | [m] |
|---|------|-----|

Descrizione terreni

Simbologia adottata

| Nr. | Descrizione terreno | Indice del terreno |
|------------|---|--------------------|
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] | |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] | |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] | |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] | |
| c | Coesione espressa in [kPa] | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 239 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35,00 | 17,50 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25,00 | 10,00 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27,00 | 10,00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31,00 | 15,00 | 120,0 | 0,0 |

Parametri medi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 35,00 | 17,50 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25,00 | 10,00 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27,00 | 10,00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31,00 | 15,00 | 120,0 | 0,0 |

Parametri minimi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| Rilevato | 20,00 | 20,00 | 30,00 | 17,00 | 0,0 | 0,0 |
| Ala | 19,00 | 20,00 | 25,00 | 10,00 | 2,0 | 0,0 |
| Salt | 20,00 | 20,00 | 27,00 | 10,00 | 20,0 | 0,0 |
| Ap/Pa | 23,00 | 23,00 | 31,00 | 15,00 | 120,0 | 0,0 |

Stratigrafia

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| N | Indice dello strato |
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| α | Inclinazione espressa in [°] |
| Kw | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm |
| Ks | Coefficiente di spinta |
| Terreno | Terreno dello strato |

| Nr. | H | a | Kw | Ks | Terreno |
|-----|-------|------|------|-------|----------|
| 1 | 8,90 | 0,00 | 0,20 | 43,00 | Rilevato |
| 2 | 2,00 | 0,00 | 0,50 | 50,00 | Ala |
| 3 | 5,00 | 0,00 | 2,00 | 50,00 | Salt |
| 4 | 20,00 | 0,00 | 2,00 | 48,00 | Ap/Pa |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 240 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m] |
| D/C | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato |

Condizione n° 1 (SOVRACCARICO STRADALE)

| | | | | | |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|
| D | Profilo | $X_i=0,00$ | $X_f=7,80$ | $Q_i=60,0000$ | $Q_f=20,0000$ |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|

Condizione n° 2 (Urto Veicolo)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|----------|---------------|--------------|
| C | Paramento | $X=-0,25$ | $Y=0,00$ | $F_x=20,0000$ | $F_y=0,0000$ |
| | | $M=30,0000$ | | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 241 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| F/S | Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole) |
| γ | Coefficiente di partecipazione della condizione |
| Ψ | Coefficiente di combinazione della condizione |

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,50 | 1,00 | 1,50 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1,50 | 1,00 | 1,50 |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1,50 | 0,75 | 1,12 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1,50 | 1,00 | 1,50 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Urto Veicolo | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 8 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|-----|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 242 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Combinazione n° 9 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 10 - Rara (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1.00 | 1,00 |
| SOVRACCARICO STRADALE | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 243 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Impostazioni analisi pali

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| <u>Numero elementi palo</u> | 40 |
| <u>Tipo carico palo</u> | Distribuito |
| <u>Calcolo della portanza</u> | metodo di Vesic |
| <u>Costante di Winkler</u> | da Strato |

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Spostamento limite pari a 0,0150 m

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

Andamento pressione verticale

Geostatica

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio | 1.15 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza per la sezione | 1.00 |

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 244 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------------|---|
| <i>C</i> | Identificativo della combinazione |
| <i>Tipo</i> | Tipo combinazione |
| <i>Sisma</i> | Combinazione sismica |
| <i>CS_{SCO}</i> | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| <i>CS_{RIB}</i> | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| <i>CS_{QUM}</i> | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| <i>CS_{STAB}</i> | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |

| C | Tipo | Sisma | CS_{SCO} | CS_{RIB} | CS_{QUM} | CS_{STAB} |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2 | A1-M1 - [2] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3 | A1-M1 - [3] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | -- |
| 5 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | -- |
| 6 | A1-M1 - [5] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | -- |
| 7 | A1-M1 - [5] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | -- |
| 8 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 10 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 245 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

2.06 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.19

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (β_m)

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 24.51$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 12.25$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

7,20 [m]

Peso muro

408,8544 [kN]

Baricentro del muro

X=-0,02 Y=-7,26

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 3,70 Y = -10,05

Punto superiore superficie di spinta

X = 3,70 Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

10,05 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica

355,3064 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

342,0722 [kN]

Componente verticale della spinta statica

96,0690 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 3,70 [m] Y = -6,97 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

15,69 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

54,58 [°]

Punto d'applicazione della spinta della falda

X = 3,70 [m] Y = -10,05 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte

647,5000 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

X = 1,85 [m] Y = -4,38 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale

342,0722 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale

1152,4234 [kN]

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 246 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

| | | |
|---|-----------|-------|
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1152,4234 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 342,0722 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,01 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 6,52 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1202,1203 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 16,53 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 13,9102 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 247 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 0,0247 | 0,5841 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 0,4328 | 2,3363 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 1,7250 | 5,2567 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 4,4021 | 9,3453 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 8,9649 | 14,6020 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 15,9143 | 21,0268 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 25,7511 | 28,6198 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 38,9761 | 37,3810 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 56,0900 | 47,3103 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 77,5937 | 58,4078 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 103,9880 | 70,6735 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 135,7738 | 84,1073 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 173,4517 | 98,7092 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 217,5226 | 114,4793 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 268,4874 | 131,4176 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 326,8468 | 149,5240 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 393,1016 | 168,7986 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 467,7527 | 189,2414 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 551,3009 | 210,8523 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 644,2251 | 233,4444 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 248 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 1

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,6363 | 0,5760 | -12,6571 | 21,1056 |
| 2 | 0,21 | -4,0908 | 7,8223 | -101,8234 | 69,5765 |
| 3 | 0,42 | -24,6045 | 22,0334 | -106,2320 | 127,4500 |
| 4 | 0,62 | -33,9980 | 46,6882 | 0,0000 | 208,4035 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 82,5371 | 0,0000 | 372,6611 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 128,8446 | 0,0000 | 642,3166 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 222,4216 | 0,0000 | 965,9797 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 456,9880 | 0,0000 | 959,1662 |
| 9 | 2,82 | -997,1939 | 0,0000 | -619,0667 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -799,4349 | 0,0000 | -549,5244 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -738,6653 | 0,0000 | -431,7999 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -674,4113 | 0,0000 | -419,3939 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -593,7232 | 0,0000 | -488,2507 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -492,7681 | 0,0000 | -606,0249 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -382,8671 | 0,0000 | -471,9311 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -302,9933 | 0,0000 | -367,0099 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -233,7143 | 0,0000 | -283,8367 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -177,1085 | 0,0000 | -225,2502 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -132,5645 | 0,0000 | -186,9243 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -102,6959 | 0,0000 | -154,0112 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -92,2096 | 0,0000 | -131,3103 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -74,4529 | 0,0000 | -115,8215 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -53,1285 | 0,0000 | -149,8250 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -25,2018 | 0,0000 | -190,6518 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -6,9912 | 0,0000 | -96,8517 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9735 | -15,5238 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,9268 | 4,1664 | -18,2886 | 164,9280 |
| 2 | 0,40 | -6,6607 | 17,7065 | -183,0317 | 203,0097 |
| 3 | 0,80 | -46,2514 | 3,4303 | -426,1526 | 200,6845 |
| 4 | 1,20 | -84,1511 | 0,0000 | -145,6635 | 166,9681 |
| 5 | 1,60 | -36,2385 | 4,5863 | -169,7234 | 467,9229 |
| 6 | 2,00 | 0,0000 | 41,1070 | -171,9238 | 216,3949 |
| 7 | 2,40 | 0,0000 | 53,9537 | -71,5087 | 66,5409 |
| 8 | 2,80 | 0,0000 | 41,3284 | -212,4731 | 166,9292 |
| 9 | 3,20 | -35,1450 | 4,5480 | -436,4113 | 164,7497 |
| 10 | 3,60 | -80,1019 | 0,0000 | -136,7323 | 136,7323 |
| 11 | 4,00 | -35,1450 | 4,5480 | -164,7497 | 436,4113 |
| 12 | 4,40 | 0,0000 | 41,3284 | -166,9292 | 212,4731 |
| 13 | 4,80 | 0,0000 | 53,9537 | -66,5409 | 71,5087 |
| 14 | 5,20 | 0,0000 | 41,1070 | -216,3949 | 171,9238 |
| 15 | 5,60 | -36,2385 | 4,5863 | -467,9229 | 169,7234 |
| 16 | 6,00 | -84,1511 | 0,0000 | -166,9681 | 145,6635 |
| 17 | 6,40 | -46,2514 | 3,4303 | -200,6845 | 426,1526 |
| 18 | 6,80 | -6,6607 | 17,7065 | -203,0097 | 183,0317 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 249 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -0,9268 4,1664 -164,9280 18,2886

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 445,6726 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 428,3413 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 123,0761 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,31 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 16,03 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59,33 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 927,8462 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 30,00 [kN]

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 458,3413 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1459,7767 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1459,7767 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 458,3413 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,29 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 6,52 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1530,0407 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 17,43 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 425,8532 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 250 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 45,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 60,1522 | 39,7078 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 79,6394 | 50,4000 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 103,8795 | 62,0654 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 133,2876 | 74,7025 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 168,2787 | 88,3127 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 209,2684 | 102,8967 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 256,6729 | 118,4556 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 310,9083 | 134,9899 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 372,3915 | 152,5003 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 441,5393 | 170,9873 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 518,7687 | 190,4513 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 604,4971 | 210,8927 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 699,1418 | 232,3117 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 803,1204 | 254,7088 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 916,8506 | 278,0843 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 1040,7502 | 302,4381 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 1175,2370 | 327,7705 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 1320,7289 | 354,0820 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 1477,6441 | 381,3723 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 1646,3823 | 409,4852 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 251 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 2

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,9662 | 0,7753 | -17,2008 | 30,7901 |
| 2 | 0,21 | -5,6113 | 11,5084 | -142,6389 | 102,9766 |
| 3 | 0,42 | -34,1082 | 32,8299 | -147,0016 | 188,7893 |
| 4 | 0,62 | -46,1332 | 69,6503 | 0,0000 | 308,0589 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 123,0686 | 0,0000 | 547,4269 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 192,0263 | 0,0000 | 936,0322 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 329,3622 | 0,0000 | 1402,7721 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 670,0420 | 0,0000 | 1395,9534 |
| 9 | 2,82 | -1518,8046 | 0,0000 | -884,3607 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -1242,7171 | 0,0000 | -789,1022 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -1148,6003 | 0,0000 | -648,4735 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -1046,3487 | 0,0000 | -630,3048 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -924,4490 | 0,0000 | -718,6122 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -777,9983 | 0,0000 | -861,4070 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -616,8126 | 0,0000 | -689,1451 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -493,8489 | 0,0000 | -555,4171 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -385,1743 | 0,0000 | -450,0993 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -293,1095 | 0,0000 | -363,6977 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -217,3986 | 0,0000 | -305,5979 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -159,1531 | 0,0000 | -253,0436 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -128,4412 | 0,0000 | -213,2365 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -95,4058 | 0,0000 | -188,9750 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -63,2403 | 0,0000 | -195,4189 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -29,2681 | 0,0000 | -208,3904 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -7,7710 | 0,0000 | -104,2893 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 1,1606 | -16,2356 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -1,5101 | 5,3305 | -26,5217 | 235,6657 |
| 2 | 0,40 | -6,2013 | 25,3132 | -263,3236 | 290,8022 |
| 3 | 0,80 | -66,3861 | 4,9194 | -638,6172 | 288,5239 |
| 4 | 1,20 | -120,7214 | 0,0000 | -232,6644 | 266,9991 |
| 5 | 1,60 | -51,9834 | 6,5789 | -243,9718 | 695,0068 |
| 6 | 2,00 | 0,0000 | 58,9654 | -246,1227 | 311,4555 |
| 7 | 2,40 | 0,0000 | 77,3940 | -101,9838 | 94,8647 |
| 8 | 2,80 | 0,0000 | 59,2838 | -305,8209 | 238,9430 |
| 9 | 3,20 | -50,4109 | 6,5239 | -648,2129 | 236,8136 |
| 10 | 3,60 | -114,8978 | 0,0000 | -218,3493 | 218,3493 |
| 11 | 4,00 | -50,4109 | 6,5239 | -236,8136 | 648,2129 |
| 12 | 4,40 | 0,0000 | 59,2838 | -238,9430 | 305,8209 |
| 13 | 4,80 | 0,0000 | 77,3940 | -94,8647 | 101,9838 |
| 14 | 5,20 | 0,0000 | 58,9654 | -311,4555 | 246,1227 |
| 15 | 5,60 | -51,9834 | 6,5789 | -695,0068 | 243,9718 |
| 16 | 6,00 | -120,7214 | 0,0000 | -266,9991 | 232,6644 |
| 17 | 6,40 | -66,3861 | 4,9194 | -288,5239 | 638,6172 |
| 18 | 6,80 | -6,2013 | 25,3132 | -290,8022 | 263,3236 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 252 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -1,5101 5,3305 -235,6657 26,5217

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 421,7080 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 405,4792 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 115,8633 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,45 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,95 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,08 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 857,7596 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |

Risultanti carichi esterni

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Componente dir. X | 30,00 | [kN] |
|-------------------|-------|------|

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 435,4792 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1382,4773 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1382,4773 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 435,4792 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,29 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 6,52 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1449,4432 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 17,48 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 407,7520 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 253 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 45,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 59,6516 | 37,4269 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 77,6502 | 45,8840 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 99,4345 | 55,3628 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 125,4408 | 65,8621 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 156,1054 | 77,3827 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 191,8648 | 89,9249 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 233,1561 | 103,4894 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 280,4162 | 118,0764 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 334,0823 | 133,6863 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 394,5916 | 150,3192 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 462,3817 | 167,9756 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 537,8899 | 186,6553 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 621,5538 | 206,3586 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 713,8109 | 227,0857 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 815,0990 | 248,8366 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 925,8557 | 271,6115 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 1046,5187 | 295,4103 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 1177,5258 | 320,2332 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 1319,3148 | 346,0802 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 1472,3044 | 372,7877 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 254 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 3

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,9106 | 0,7417 | -16,4370 | 29,1594 |
| 2 | 0,21 | -5,3550 | 10,8870 | -135,7585 | 97,3464 |
| 3 | 0,42 | -32,5059 | 31,0096 | -140,1270 | 178,4482 |
| 4 | 0,62 | -44,0873 | 65,7790 | 0,0000 | 291,2585 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 116,2351 | 0,0000 | 517,9656 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 181,3742 | 0,0000 | 886,5137 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 311,3325 | 0,0000 | 1329,1309 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 634,1220 | 0,0000 | 1322,3128 |
| 9 | 2,82 | -1440,8200 | 0,0000 | -834,5112 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -1180,0680 | 0,0000 | -745,3372 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -1091,2869 | 0,0000 | -613,0001 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -994,6032 | 0,0000 | -596,4400 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -879,2026 | 0,0000 | -680,5628 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -740,4581 | 0,0000 | -816,2935 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -587,6198 | 0,0000 | -653,6603 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -470,8619 | 0,0000 | -527,5223 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -367,5440 | 0,0000 | -428,1614 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -279,8945 | 0,0000 | -346,4326 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -207,6959 | 0,0000 | -291,4272 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -151,9821 | 0,0000 | -241,5697 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -122,4211 | 0,0000 | -203,6507 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -90,7778 | 0,0000 | -180,4836 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -60,0684 | 0,0000 | -185,8873 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -27,7870 | 0,0000 | -197,3997 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -7,3658 | 0,0000 | -98,7593 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 1,1026 | -15,3443 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -1,4117 | 5,0006 | -25,1354 | 223,7292 |
| 2 | 0,40 | -5,8460 | 24,0307 | -249,7889 | 275,9996 |
| 3 | 0,80 | -62,9915 | 4,6683 | -602,6286 | 273,7157 |
| 4 | 1,20 | -114,5558 | 0,0000 | -217,8774 | 249,9663 |
| 5 | 1,60 | -49,3289 | 6,2430 | -231,4550 | 656,6024 |
| 6 | 2,00 | 0,0000 | 55,9546 | -233,6119 | 295,4311 |
| 7 | 2,40 | 0,0000 | 73,4421 | -96,8422 | 90,0859 |
| 8 | 2,80 | 0,0000 | 56,2566 | -290,0854 | 226,8006 |
| 9 | 3,20 | -47,8371 | 6,1908 | -612,3923 | 224,6651 |
| 10 | 3,60 | -109,0314 | 0,0000 | -204,4773 | 204,4773 |
| 11 | 4,00 | -47,8371 | 6,1908 | -224,6651 | 612,3923 |
| 12 | 4,40 | 0,0000 | 56,2566 | -226,8006 | 290,0854 |
| 13 | 4,80 | 0,0000 | 73,4421 | -90,0859 | 96,8422 |
| 14 | 5,20 | 0,0000 | 55,9546 | -295,4311 | 233,6119 |
| 15 | 5,60 | -49,3289 | 6,2430 | -656,6024 | 231,4550 |
| 16 | 6,00 | -114,5558 | 0,0000 | -249,9663 | 217,8774 |
| 17 | 6,40 | -62,9915 | 4,6683 | -273,7157 | 602,6286 |
| 18 | 6,80 | -5,8460 | 24,0307 | -275,9996 | 249,7889 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 255 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -1,4117 5,0006 -223,7292 25,1354

COMBINAZIONE n° 4

| | | | | |
|--|-----------|-------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 272,6859 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 262,5160 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 73,7763 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,97 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,70 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,58 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 159,1498 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -5,04 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 38,46 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 647,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |
| Inerzia del muro | 100,3478 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | -50,1739 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 158,9201 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | -79,4600 | [kN] | | |
| <u>Risultanti</u> | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 674,9981 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1043,5555 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1043,5555 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 674,9981 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 1,67 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,78 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 1242,8316 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 32,90 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 1741,0833 | [kNm] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 256 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 1,5097 | 7,3469 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 6,3276 | 15,7070 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 14,8867 | 25,0802 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 27,6199 | 35,4666 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 44,9602 | 46,8661 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 67,3407 | 59,2788 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 95,1943 | 72,7047 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 128,9541 | 87,1437 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 169,0530 | 102,5959 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 215,9240 | 119,0613 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 270,0002 | 136,5398 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 331,7145 | 155,0315 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 401,5000 | 174,5364 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 479,7895 | 195,0544 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 567,0163 | 216,5856 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 663,6131 | 239,1300 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 770,0131 | 262,6875 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 886,6492 | 287,2581 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 1013,9544 | 312,8420 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 1152,3450 | 339,2952 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 257 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 4

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -1,2578 | 0,9516 | -21,1975 | 39,3340 |
| 2 | 0,21 | -6,9556 | 14,7672 | -178,7137 | 132,4967 |
| 3 | 0,42 | -42,5100 | 42,3748 | -183,0535 | 243,0140 |
| 4 | 0,62 | -56,8615 | 89,9504 | 0,0000 | 396,1517 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 158,9012 | 0,0000 | 701,9017 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 247,8834 | 0,0000 | 1195,6904 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 423,9051 | 0,0000 | 1788,9256 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 858,3965 | 0,0000 | 1782,1045 |
| 9 | 2,82 | -2058,8902 | 0,0000 | -901,1001 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -1799,3812 | 0,0000 | -840,5566 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -1678,0613 | 0,0000 | -799,6274 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -1536,1427 | 0,0000 | -787,3005 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -1381,4742 | 0,0000 | -859,1195 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -1210,7949 | 0,0000 | -952,9599 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -1012,7752 | 0,0000 | -841,1640 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -839,3945 | 0,0000 | -761,4569 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -677,8328 | 0,0000 | -704,1354 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -529,5293 | 0,0000 | -667,4400 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -390,4937 | 0,0000 | -650,7792 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -271,0578 | 0,0000 | -661,5542 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -185,4123 | 0,0000 | -499,9760 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -115,5880 | 0,0000 | -347,7893 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -62,8404 | 0,0000 | -244,0539 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -26,6582 | 0,0000 | -161,0419 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -7,8203 | 0,0000 | -83,3686 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9422 | -13,5728 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -2,0257 | 3,5754 | -33,7853 | 298,2923 |
| 2 | 0,40 | -1,8887 | 32,0380 | -334,2881 | 368,4265 |
| 3 | 0,80 | -84,1865 | 43,2356 | -828,0005 | 366,1704 |
| 4 | 1,20 | -153,0521 | 67,0549 | -310,6700 | 356,9833 |
| 5 | 1,60 | -65,9030 | 34,1822 | -309,6022 | 896,8554 |
| 6 | 2,00 | -20,7064 | 74,7535 | -311,7299 | 395,4745 |
| 7 | 2,40 | -32,2473 | 98,1168 | -128,9571 | 119,9355 |
| 8 | 2,80 | -23,5067 | 75,1577 | -388,3252 | 302,6186 |
| 9 | 3,20 | -63,9070 | 28,1366 | -836,4847 | 300,5127 |
| 10 | 3,60 | -145,6597 | 57,5525 | -291,5291 | 291,5291 |
| 11 | 4,00 | -63,9070 | 28,1366 | -300,5127 | 836,4847 |
| 12 | 4,40 | -23,5067 | 75,1577 | -302,6186 | 388,3252 |
| 13 | 4,80 | -32,2473 | 98,1168 | -119,9355 | 128,9571 |
| 14 | 5,20 | -20,7064 | 74,7535 | -395,4745 | 311,7299 |
| 15 | 5,60 | -65,9030 | 34,1822 | -896,8554 | 309,6022 |
| 16 | 6,00 | -153,0521 | 67,0549 | -356,9833 | 310,6700 |
| 17 | 6,40 | -84,1865 | 43,2356 | -366,1704 | 828,0005 |
| 18 | 6,80 | -1,8887 | 32,0380 | -368,4265 | 334,2881 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 258 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -2,0257 3,5754 -298,2923 33,7853

COMBINAZIONE n° 5

| | | | | |
|--|-----------|-------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 272,6859 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 262,5160 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 73,7763 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,97 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,70 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,58 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 211,5370 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -5,04 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 42,58 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 647,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |
| Inerzia del muro | 100,3478 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 50,1739 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 158,9201 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 79,4600 | [kN] | | |
| <u>Risultanti</u> | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 725,4314 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1316,9969 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1316,9969 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 725,4314 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 1,34 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 5,75 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 1503,5729 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 28,85 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 1769,6150 | [kNm] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 259 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 5

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 1,8814 | 9,0460 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 7,8143 | 19,1051 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 18,2318 | 30,1775 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 33,5667 | 42,2629 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 54,2521 | 55,3616 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 80,7211 | 69,4734 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 113,4065 | 84,5984 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 152,7414 | 100,7365 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 199,1588 | 117,8878 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 253,0918 | 136,0523 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 314,9732 | 155,2299 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 385,2361 | 175,4207 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 464,3135 | 196,6247 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 552,6383 | 218,8418 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 650,6437 | 242,0721 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 758,7625 | 266,3155 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 877,4279 | 291,5721 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 1007,0727 | 317,8419 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 1148,1300 | 345,1248 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 1301,0160 | 373,2772 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 260 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 5

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -1,4266 | 1,0536 | -23,5073 | 44,2777 |
| 2 | 0,21 | -7,7340 | 16,6542 | -199,6009 | 149,5886 |
| 3 | 0,42 | -47,3751 | 47,9017 | -203,9312 | 274,4120 |
| 4 | 0,62 | -63,0738 | 101,7051 | 0,0000 | 447,1598 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 179,6501 | 0,0000 | 791,3439 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 280,2273 | 0,0000 | 1346,0436 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 478,6500 | 0,0000 | 2012,5268 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 967,4627 | 0,0000 | 2005,7047 |
| 9 | 2,82 | -1839,5835 | 0,0000 | -795,6718 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -1606,7940 | 0,0000 | -735,6586 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -1517,8215 | 0,0000 | -695,2731 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -1400,6817 | 0,0000 | -691,8459 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -1264,4993 | 0,0000 | -792,4489 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -1105,0141 | 0,0000 | -927,0197 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -919,3715 | 0,0000 | -798,7123 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -760,9959 | 0,0000 | -709,0669 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -611,7050 | 0,0000 | -645,3427 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -474,8905 | 0,0000 | -600,6670 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -351,8308 | 0,0000 | -575,7852 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -245,0748 | 0,0000 | -573,3986 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -168,0529 | 0,0000 | -437,8616 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -105,2590 | 0,0000 | -310,0753 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -57,6276 | 0,0000 | -218,3913 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -24,7517 | 0,0000 | -144,4034 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -6,8528 | 0,0000 | -74,7166 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9069 | -12,1402 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -2,3243 | 3,9605 | -37,9883 | 334,5730 |
| 2 | 0,40 | -2,1507 | 35,9320 | -375,3761 | 413,3766 |
| 3 | 0,80 | -94,4938 | 32,6108 | -938,0226 | 411,1294 |
| 4 | 1,20 | -171,7731 | 50,8600 | -356,0878 | 409,4486 |
| 5 | 1,60 | -73,9631 | 25,5785 | -347,6033 | 1013,9842 |
| 6 | 2,00 | -16,7018 | 83,8956 | -349,7216 | 444,1213 |
| 7 | 2,40 | -25,4521 | 110,1163 | -144,5818 | 134,4586 |
| 8 | 2,80 | -18,5624 | 84,3494 | -436,0948 | 339,4919 |
| 9 | 3,20 | -71,7219 | 21,4154 | -945,7370 | 337,3954 |
| 10 | 3,60 | -163,4723 | 44,1346 | -334,1375 | 334,1375 |
| 11 | 4,00 | -71,7219 | 21,4154 | -337,3954 | 945,7370 |
| 12 | 4,40 | -18,5624 | 84,3494 | -339,4919 | 436,0948 |
| 13 | 4,80 | -25,4521 | 110,1163 | -134,4586 | 144,5818 |
| 14 | 5,20 | -16,7018 | 83,8956 | -444,1213 | 349,7216 |
| 15 | 5,60 | -73,9631 | 25,5785 | -1013,9842 | 347,6033 |
| 16 | 6,00 | -171,7731 | 50,8600 | -409,4486 | 356,0878 |
| 17 | 6,40 | -94,4938 | 32,6108 | -411,1294 | 938,0226 |
| 18 | 6,80 | -2,1507 | 35,9320 | -413,3766 | 375,3761 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 261 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -2,3243 3,9605 -334,5730 37,9883

COMBINAZIONE n° 6

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 272,6859 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 262,5160 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 73,7763 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,97 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,70 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,58 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 211,5370 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -5,04 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 42,58 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 647,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |
| Inerzia del muro | 100,3478 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 50,1739 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 158,9201 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 79,4600 | [kN] | | |

Risultanti carichi esterni

| | | |
|-------------------|-------|------|
| Componente dir. X | 20,00 | [kN] |
|-------------------|-------|------|

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 745,4314 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1316,9969 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1316,9969 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 745,4314 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 1,52 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 5,23 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1513,3238 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 29,51 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 2000,6150 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 262 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 6

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 30,0000 | 20,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 40,6314 | 29,0460 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 55,3143 | 39,1051 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 74,4818 | 50,1775 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 98,5667 | 62,2629 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 128,0021 | 75,3616 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 163,2211 | 89,4734 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 204,6565 | 104,5984 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 252,7414 | 120,7365 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 307,9088 | 137,8878 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 370,5918 | 156,0523 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 441,2232 | 175,2299 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 520,2361 | 195,4207 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 608,0635 | 216,6247 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 705,1383 | 238,8418 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 811,8937 | 262,0721 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 928,7625 | 286,3155 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 1056,1779 | 311,5721 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 1194,5727 | 337,8419 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 1344,3800 | 365,1248 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 1506,0160 | 393,2772 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 263 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -1,5021 | 1,0992 | -24,5396 | 46,4883 |
| 2 | 0,21 | -8,0821 | 17,4982 | -208,9426 | 157,2329 |
| 3 | 0,42 | -49,5511 | 50,3737 | -213,2692 | 288,4549 |
| 4 | 0,62 | -65,8522 | 106,9626 | 0,0000 | 469,9733 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 188,9302 | 0,0000 | 831,3468 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 294,6934 | 0,0000 | 1413,2903 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 503,1351 | 0,0000 | 2112,5346 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 1016,2436 | 0,0000 | 2105,7121 |
| 9 | 2,82 | -1988,3302 | 0,0000 | -850,7737 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -1744,0982 | 0,0000 | -790,5872 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -1644,0316 | 0,0000 | -750,1556 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -1515,8068 | 0,0000 | -746,2366 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -1368,8446 | 0,0000 | -846,6607 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -1198,9416 | 0,0000 | -979,3269 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -1000,4611 | 0,0000 | -851,2224 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -829,4474 | 0,0000 | -762,3575 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -667,8144 | 0,0000 | -699,7850 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -521,2158 | 0,0000 | -659,8896 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -384,9008 | 0,0000 | -641,4966 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -267,7795 | 0,0000 | -650,1224 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -183,2688 | 0,0000 | -491,9249 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -114,3846 | 0,0000 | -342,9580 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -62,3168 | 0,0000 | -240,6872 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -26,5657 | 0,0000 | -158,8782 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -7,6867 | 0,0000 | -82,3049 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9456 | -13,2568 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -2,4578 | 4,1328 | -39,8677 | 350,8024 |
| 2 | 0,40 | -2,3811 | 37,6736 | -393,7525 | 433,4813 |
| 3 | 0,80 | -99,1038 | 41,0097 | -987,2911 | 431,2375 |
| 4 | 1,20 | -180,1463 | 63,8527 | -376,4425 | 432,9742 |
| 5 | 1,60 | -77,5680 | 32,3318 | -364,5993 | 1066,4123 |
| 6 | 2,00 | -20,4818 | 87,9845 | -366,7141 | 465,8783 |
| 7 | 2,40 | -31,4901 | 115,4832 | -151,5711 | 140,9550 |
| 8 | 2,80 | -22,9605 | 88,4605 | -457,4595 | 355,9842 |
| 9 | 3,20 | -75,2171 | 26,8853 | -994,6398 | 353,8912 |
| 10 | 3,60 | -171,4392 | 55,2497 | -353,2332 | 353,2332 |
| 11 | 4,00 | -75,2171 | 26,8853 | -353,8912 | 994,6398 |
| 12 | 4,40 | -22,9605 | 88,4605 | -355,9842 | 457,4595 |
| 13 | 4,80 | -31,4901 | 115,4832 | -140,9550 | 151,5711 |
| 14 | 5,20 | -20,4818 | 87,9845 | -465,8783 | 366,7141 |
| 15 | 5,60 | -77,5680 | 32,3318 | -1066,4123 | 364,5993 |
| 16 | 6,00 | -180,1463 | 63,8527 | -432,9742 | 376,4425 |
| 17 | 6,40 | -99,1038 | 41,0097 | -431,2375 | 987,2911 |
| 18 | 6,80 | -2,3811 | 37,6736 | -433,4813 | 393,7525 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 264 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -2,4578 4,1328 -350,8024 39,8677

COMBINAZIONE n° 7

| | | | | |
|--|-----------|-------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 272,6859 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 262,5160 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 73,7763 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,97 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,70 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,58 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 159,1498 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -5,04 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 38,46 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 647,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |
| Inerzia del muro | 100,3478 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | -50,1739 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 158,9201 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | -79,4600 | [kN] | | |
| <u>Risultanti carichi esterni</u> | | | | |
| Componente dir. X | 20,00 | [kN] | | |
| <u>Risultanti</u> | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 694,9981 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1043,5555 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1043,5555 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 694,9981 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 1,89 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 4,12 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 1253,8064 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 33,66 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 1972,0833 | [kNm] | | |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 265 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 30,0000 | 20,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 40,2597 | 27,3469 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 53,8276 | 35,7070 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 71,1367 | 45,0802 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 92,6199 | 55,4666 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 118,7102 | 66,8661 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 149,8407 | 79,2788 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 186,4443 | 92,7047 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 228,9541 | 107,1437 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 277,8030 | 122,5959 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 333,4240 | 139,0613 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 396,2502 | 156,5398 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 466,7145 | 175,0315 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 545,2500 | 194,5364 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 632,2895 | 215,0544 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 728,2663 | 236,5856 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 833,6131 | 259,1300 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 948,7631 | 282,6875 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 1074,1492 | 307,2581 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 1210,2044 | 332,8420 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 1357,3450 | 359,2952 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 266 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 7

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -1,3333 | 0,9972 | -22,2309 | 41,5453 |
| 2 | 0,21 | -7,3037 | 15,6112 | -188,0559 | 140,1413 |
| 3 | 0,42 | -44,6860 | 44,8468 | -192,3911 | 257,0571 |
| 4 | 0,62 | -59,6400 | 95,2078 | 0,0000 | 418,9657 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 168,1814 | 0,0000 | 741,9060 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 262,3495 | 0,0000 | 1262,9374 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 448,3903 | 0,0000 | 1888,9334 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 907,1774 | 0,0000 | 1882,1118 |
| 9 | 2,82 | -2212,7180 | 0,0000 | -956,1921 | 0,0000 |
| 10 | 3,12 | -1936,6854 | 0,0000 | -895,6775 | 0,0000 |
| 11 | 3,32 | -1804,2714 | 0,0000 | -854,4982 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -1651,2679 | 0,0000 | -841,6758 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -1485,8196 | 0,0000 | -912,8996 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -1304,7223 | 0,0000 | -1005,0181 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -1094,4646 | 0,0000 | -893,7885 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -908,1947 | 0,0000 | -814,7570 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -736,0301 | 0,0000 | -760,3139 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -575,8545 | 0,0000 | -726,6724 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -424,5969 | 0,0000 | -716,5098 | 0,0000 |
| 20 | 5,32 | -293,7629 | 0,0000 | -738,2151 | 0,0000 |
| 21 | 5,52 | -200,6281 | 0,0000 | -553,9089 | 0,0000 |
| 22 | 5,72 | -124,7136 | 0,0000 | -380,7857 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -67,5296 | 0,0000 | -266,3277 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -28,4722 | 0,0000 | -175,4858 | 9,6879 |
| 25 | 6,32 | -8,6741 | 0,1649 | -90,9023 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9809 | -14,6473 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -2,1593 | 3,7476 | -35,6653 | 314,5181 |
| 2 | 0,40 | -2,2107 | 33,7796 | -352,6654 | 388,5307 |
| 3 | 0,80 | -88,7965 | 51,6344 | -877,1836 | 386,2789 |
| 4 | 1,20 | -161,4253 | 80,1645 | -330,9662 | 380,4236 |
| 5 | 1,60 | -69,5079 | 40,9354 | -326,5987 | 949,2250 |
| 6 | 2,00 | -24,4864 | 78,8424 | -328,7219 | 417,2325 |
| 7 | 2,40 | -38,2853 | 103,4837 | -135,9450 | 126,4307 |
| 8 | 2,80 | -27,9047 | 79,2688 | -409,6909 | 319,1104 |
| 9 | 3,20 | -67,4023 | 33,6066 | -885,3325 | 317,0089 |
| 10 | 3,60 | -153,6266 | 68,6676 | -310,5698 | 310,5698 |
| 11 | 4,00 | -67,4023 | 33,6066 | -317,0089 | 885,3325 |
| 12 | 4,40 | -27,9047 | 79,2688 | -319,1104 | 409,6909 |
| 13 | 4,80 | -38,2853 | 103,4837 | -126,4307 | 135,9450 |
| 14 | 5,20 | -24,4864 | 78,8424 | -417,2325 | 328,7219 |
| 15 | 5,60 | -69,5079 | 40,9354 | -949,2250 | 326,5987 |
| 16 | 6,00 | -161,4253 | 80,1645 | -380,4236 | 330,9662 |
| 17 | 6,40 | -88,7965 | 51,6344 | -386,2789 | 877,1836 |
| 18 | 6,80 | -2,2107 | 33,7796 | -388,5307 | 352,6654 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 267 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -2,1593 3,7476 -314,5181 35,6653

COMBINAZIONE n° 8

| | | | | |
|--|----------|------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 272,6859 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 262,5160 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 73,7763 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,97 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,70 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 54,58 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 647,5000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 262,5160 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1130,1307 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1130,1307 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 262,5160 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,14 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 6,52 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1160,2198 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 13,08 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -156,5889 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 268 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 0,0051 | 0,4493 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 0,2755 | 1,7972 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 1,1942 | 4,0436 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 3,1441 | 7,1887 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 6,5079 | 11,2323 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 11,6686 | 16,1745 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 19,0090 | 22,0153 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 28,9120 | 28,7546 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 41,7604 | 36,3926 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 57,9372 | 44,9291 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 77,8253 | 54,3642 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 101,8074 | 64,6979 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 130,2664 | 75,9302 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 163,5852 | 88,0610 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 202,1468 | 101,0905 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 246,3338 | 115,0185 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 296,5293 | 129,8451 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 353,1161 | 145,5703 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 416,4771 | 162,1941 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 486,9783 | 179,5726 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 269 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 8

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,5314 | 0,5126 | -11,2015 | 18,0148 |
| 2 | 0,21 | -3,6071 | 6,6498 | -88,8361 | 58,9478 |
| 3 | 0,42 | -21,5816 | 18,5991 | -93,2684 | 107,9369 |
| 4 | 0,62 | -30,1380 | 39,3843 | 0,0000 | 176,6994 |
| 5 | 0,82 | -0,0418 | 69,6446 | 0,0000 | 317,0539 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 108,7474 | 0,0000 | 548,8865 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 188,4054 | 0,0000 | 827,0422 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 389,2188 | 0,0000 | 820,2314 |
| 9 | 2,82 | -482,0149 | 0,0000 | -377,6387 | 134,6380 |
| 10 | 3,12 | -350,9265 | 0,0000 | -326,4954 | 183,2111 |
| 11 | 3,32 | -332,1561 | 0,0000 | -210,1712 | 10,0127 |
| 12 | 3,52 | -311,5354 | 0,0000 | -206,6395 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -272,4913 | 0,0000 | -270,3187 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -211,2549 | 0,0000 | -403,9990 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -145,8705 | 0,0000 | -288,2161 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -107,5357 | 0,0000 | -195,2370 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -76,8064 | 0,0000 | -123,4546 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -55,7763 | 0,0000 | -83,4576 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -43,4243 | 0,0000 | -60,7536 | 58,1601 |
| 20 | 5,32 | -43,7650 | 0,0000 | -46,5695 | 144,4651 |
| 21 | 5,52 | -56,8424 | 0,0000 | -41,4762 | 31,2497 |
| 22 | 5,72 | -56,0007 | 0,0000 | -44,1650 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -45,8778 | 0,0000 | -94,9109 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -22,6371 | 0,0000 | -184,2034 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -6,7723 | 1,6498 | -96,9242 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,8346 | -14,8820 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,7413 | 3,6427 | -15,6611 | 142,4820 |
| 2 | 0,40 | -8,6035 | 15,2869 | -157,4815 | 175,0896 |
| 3 | 0,80 | -46,8549 | 2,9567 | -359,3031 | 172,7388 |
| 4 | 1,20 | -73,4783 | 0,0000 | -118,5161 | 135,8819 |
| 5 | 1,60 | -38,2761 | 3,9524 | -146,1005 | 396,2173 |
| 6 | 2,00 | 0,0000 | 35,4265 | -148,3280 | 186,1460 |
| 7 | 2,40 | 0,0000 | 46,4978 | -61,8338 | 57,5500 |
| 8 | 2,80 | 0,0000 | 35,6171 | -182,7685 | 144,0285 |
| 9 | 3,20 | -30,4739 | 3,9195 | -369,5346 | 141,8216 |
| 10 | 3,60 | -69,0339 | 0,0000 | -111,2652 | 111,2652 |
| 11 | 4,00 | -30,4739 | 3,9195 | -141,8216 | 369,5346 |
| 12 | 4,40 | 0,0000 | 35,6171 | -144,0285 | 182,7685 |
| 13 | 4,80 | 0,0000 | 46,4978 | -57,5500 | 61,8338 |
| 14 | 5,20 | 0,0000 | 35,4265 | -186,1460 | 148,3280 |
| 15 | 5,60 | -38,2761 | 3,9524 | -396,2173 | 146,1005 |
| 16 | 6,00 | -73,4783 | 0,0000 | -135,8819 | 118,5161 |
| 17 | 6,40 | -46,8549 | 2,9567 | -172,7388 | 359,3031 |
| 18 | 6,80 | -8,6035 | 15,2869 | -175,0896 | 157,4815 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 270 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -0,7413 3,6427 -142,4820 15,6611

COMBINAZIONE n° 9

| | | | | |
|--|----------|------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 316,6039 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 304,4580 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 86,8526 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,50 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 15,92 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57,58 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 787,6731 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 304,4580 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1283,3800 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1283,3800 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 304,4580 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,10 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 6,52 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1318,9992 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 13,35 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -125,6217 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 271 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 1,0063 | 5,0112 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 4,2538 | 10,8289 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 10,0839 | 17,4475 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 18,8364 | 24,8662 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 30,8511 | 33,0852 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 46,4680 | 42,1050 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 66,0272 | 51,9258 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 89,8689 | 62,5477 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 118,3334 | 73,9709 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 151,7611 | 86,1956 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 190,4923 | 99,2219 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 234,8675 | 113,0497 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 285,2271 | 127,6793 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 341,9117 | 143,1106 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 405,2618 | 159,3438 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 475,6179 | 176,3788 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 553,3205 | 194,2157 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 638,7104 | 212,8546 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 732,1279 | 232,2953 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 833,8988 | 252,4097 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 272 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 9

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,6383 | 0,5772 | -12,6843 | 21,1634 |
| 2 | 0,21 | -4,0999 | 7,8443 | -102,0668 | 69,7756 |
| 3 | 0,42 | -24,6612 | 22,0977 | -106,4750 | 127,8156 |
| 4 | 0,62 | -34,0704 | 46,8250 | 0,0000 | 208,9976 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 82,7787 | 0,0000 | 373,7031 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 129,2212 | 0,0000 | 644,0675 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 223,0591 | 0,0000 | 968,5835 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 458,2580 | 0,0000 | 961,7699 |
| 9 | 2,82 | -632,2658 | 0,0000 | -475,7063 | 104,9803 |
| 10 | 3,12 | -470,9612 | 0,0000 | -412,3222 | 159,8228 |
| 11 | 3,32 | -441,7676 | 0,0000 | -279,2410 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -410,3925 | 0,0000 | -272,4477 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -358,7475 | 0,0000 | -346,1342 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -282,5165 | 0,0000 | -492,5030 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -200,9230 | 0,0000 | -356,9495 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -150,7204 | 0,0000 | -248,7840 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -109,7831 | 0,0000 | -165,0387 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -80,4246 | 0,0000 | -116,5220 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -61,5311 | 0,0000 | -88,1645 | 44,6326 |
| 20 | 5,32 | -57,3270 | 0,0000 | -68,9078 | 137,4087 |
| 21 | 5,52 | -68,5413 | 0,0000 | -60,2241 | 21,2810 |
| 22 | 5,72 | -65,1883 | 0,0000 | -59,1479 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -52,2941 | 0,0000 | -115,5649 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -25,6515 | 0,0000 | -207,2016 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -7,6062 | 1,6034 | -108,4200 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9519 | -16,8092 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,9303 | 4,1449 | -18,3378 | 165,3490 |
| 2 | 0,40 | -9,3561 | 17,7518 | -183,5105 | 203,5330 |
| 3 | 0,80 | -51,1299 | 3,4392 | -427,4100 | 201,2082 |
| 4 | 1,20 | -84,3692 | 0,0000 | -146,1756 | 167,5553 |
| 5 | 1,60 | -41,8022 | 4,5982 | -170,1661 | 469,2701 |
| 6 | 2,00 | 0,0000 | 41,2134 | -172,3660 | 216,9618 |
| 7 | 2,40 | 0,0000 | 54,0935 | -71,6902 | 66,7096 |
| 8 | 2,80 | 0,0000 | 41,4355 | -213,0297 | 167,3584 |
| 9 | 3,20 | -35,2360 | 4,5598 | -437,6677 | 165,1794 |
| 10 | 3,60 | -80,3094 | 0,0000 | -137,2127 | 137,2127 |
| 11 | 4,00 | -35,2360 | 4,5598 | -165,1794 | 437,6677 |
| 12 | 4,40 | 0,0000 | 41,4355 | -167,3584 | 213,0297 |
| 13 | 4,80 | 0,0000 | 54,0935 | -66,7096 | 71,6902 |
| 14 | 5,20 | 0,0000 | 41,2134 | -216,9618 | 172,3660 |
| 15 | 5,60 | -41,8022 | 4,5982 | -469,2701 | 170,1661 |
| 16 | 6,00 | -84,3692 | 0,0000 | -167,5553 | 146,1756 |
| 17 | 6,40 | -51,1299 | 3,4392 | -201,2082 | 427,4100 |
| 18 | 6,80 | -9,3561 | 17,7518 | -203,5330 | 183,5105 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 273 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19 7,20 -0,9303 4,1449 -165,3490 18,3378

COMBINAZIONE n° 10

| | | | | |
|--|----------|------|------------|-----|
| Valore della spinta statica | 332,2847 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 319,4198 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 91,5650 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 3,70 | [m] | Y = -6,38 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 16,00 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,64 | [°] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 3,70 | [m] | Y = -10,05 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 834,3974 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 1,85 | [m] | Y = -4,38 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 319,4198 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 1334,8168 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 1334,8168 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 319,4198 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0,09 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 6,52 | [m] |
| Risultante in fondazione | 1372,5031 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 13,46 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -113,7226 | [kNm] |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 274 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 1,3401 | 6,5318 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 5,5799 | 13,8396 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 13,0472 | 21,9159 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 24,0676 | 30,7597 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 38,9666 | 40,3717 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 58,0702 | 50,7526 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 81,7046 | 61,9026 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 110,1962 | 73,8223 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 143,8716 | 86,5120 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 183,0573 | 99,9719 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 228,0802 | 114,2023 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 279,2670 | 129,2034 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 336,9449 | 144,9753 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 401,4408 | 161,5181 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 473,0817 | 178,8321 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 552,1948 | 196,9174 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 639,1072 | 215,7739 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 734,1462 | 235,4018 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 837,6390 | 255,8012 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 949,8985 | 276,8486 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 275 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 10

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.52

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

| Nr. | Y | M _{ymin} | M _{ymax} | T _{ymin} | T _{ymax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,6751 | 0,5994 | -13,1934 | 22,2463 |
| 2 | 0,21 | -4,2696 | 8,2557 | -106,6232 | 73,5044 |
| 3 | 0,42 | -25,7219 | 23,3027 | -111,0245 | 134,6623 |
| 4 | 0,62 | -35,4248 | 49,3879 | 0,0000 | 220,1215 |
| 5 | 0,82 | 0,0000 | 87,3025 | 0,0000 | 393,2124 |
| 6 | 1,02 | 0,0000 | 136,2731 | 0,0000 | 676,8507 |
| 7 | 1,22 | 0,0000 | 234,9951 | 0,0000 | 1017,3354 |
| 8 | 1,45 | 0,0000 | 482,0377 | 0,0000 | 1010,5210 |
| 9 | 2,82 | -683,9447 | 0,0000 | -508,8655 | 94,9105 |
| 10 | 3,12 | -512,4411 | 0,0000 | -441,3950 | 151,2235 |
| 11 | 3,32 | -479,7025 | 0,0000 | -302,7928 | 0,0000 |
| 12 | 3,52 | -444,6354 | 0,0000 | -294,9288 | 0,0000 |
| 13 | 3,72 | -388,6790 | 0,0000 | -371,8569 | 0,0000 |
| 14 | 3,92 | -307,3335 | 0,0000 | -522,6019 | 0,0000 |
| 15 | 4,16 | -220,2007 | 0,0000 | -380,4763 | 0,0000 |
| 16 | 4,39 | -165,8919 | 0,0000 | -267,2490 | 0,0000 |
| 17 | 4,62 | -121,4112 | 0,0000 | -179,5254 | 0,0000 |
| 18 | 4,86 | -89,1368 | 0,0000 | -128,0452 | 0,0000 |
| 19 | 5,09 | -67,9283 | 0,0000 | -97,7158 | 39,6434 |
| 20 | 5,32 | -62,0650 | 0,0000 | -76,6954 | 133,9280 |
| 21 | 5,52 | -72,5360 | 0,0000 | -66,7604 | 18,4097 |
| 22 | 5,72 | -68,2698 | 0,0000 | -64,3992 | 0,0000 |
| 23 | 5,92 | -54,4126 | 0,0000 | -122,5037 | 0,0000 |
| 24 | 6,12 | -26,6417 | 0,0000 | -214,6747 | 0,0000 |
| 25 | 6,32 | -7,8777 | 1,5781 | -112,1388 | 0,0000 |
| 26 | 6,52 | 0,0000 | 0,9907 | -17,4356 | 0,0000 |

Sollecitazioni in direzione X

| Nr. | X | M _{xmin} | M _{xmax} | T _{xmin} | T _{xmax} |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0,00 | -0,9954 | 4,3104 | -19,2583 | 173,2344 |
| 2 | 0,40 | -9,5955 | 18,6008 | -192,4741 | 213,3308 |
| 3 | 0,80 | -52,4609 | 3,6054 | -450,9786 | 211,0132 |
| 4 | 1,20 | -88,4509 | 0,0000 | -155,7824 | 178,5748 |
| 5 | 1,60 | -42,9021 | 4,8206 | -178,4543 | 494,5120 |
| 6 | 2,00 | 0,0000 | 43,2067 | -180,6465 | 227,5740 |
| 7 | 2,40 | 0,0000 | 56,7097 | -75,0882 | 69,8675 |
| 8 | 2,80 | 0,0000 | 43,4395 | -223,4508 | 175,3951 |
| 9 | 3,20 | -36,9399 | 4,7803 | -461,2102 | 173,2238 |
| 10 | 3,60 | -84,1930 | 0,0000 | -146,2248 | 146,2248 |
| 11 | 4,00 | -36,9399 | 4,7803 | -173,2238 | 461,2102 |
| 12 | 4,40 | 0,0000 | 43,4395 | -175,3951 | 223,4508 |
| 13 | 4,80 | 0,0000 | 56,7097 | -69,8675 | 75,0882 |
| 14 | 5,20 | 0,0000 | 43,2067 | -227,5740 | 180,6465 |
| 15 | 5,60 | -42,9021 | 4,8206 | -494,5120 | 178,4543 |
| 16 | 6,00 | -88,4509 | 0,0000 | -178,5748 | 155,7824 |
| 17 | 6,40 | -52,4609 | 3,6054 | -211,0132 | 450,9786 |
| 18 | 6,80 | -9,5955 | 18,6008 | -213,3308 | 192,4741 |



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 276 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

19

7,20

-0,9954

4,3104

-173,2344

19,2583

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 277 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 45,0000 | 0,0000 | 30,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 5,5965 | 0,0247 | 60,1522 | 0,5841 | 39,7078 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 11,6599 | 0,4328 | 79,6394 | 2,3363 | 50,4000 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 18,1901 | 1,7250 | 103,8795 | 5,2567 | 62,0654 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 25,1872 | 4,4021 | 133,2876 | 9,3453 | 74,7025 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 8,9649 | 168,2787 | 14,6020 | 88,3127 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 40,5819 | 15,9143 | 209,2684 | 21,0268 | 102,8967 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 48,9795 | 25,7511 | 256,6729 | 28,6198 | 118,4556 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 57,8439 | 38,9761 | 310,9083 | 37,3810 | 134,9899 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 67,1752 | 56,0900 | 372,3915 | 47,3103 | 152,5003 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 77,5937 | 441,5393 | 58,4078 | 170,9873 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 87,2384 | 103,9880 | 518,7687 | 70,6735 | 190,4513 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 97,9703 | 135,7738 | 604,4971 | 84,1073 | 210,8927 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 109,1690 | 173,4517 | 699,1418 | 98,7092 | 232,3117 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 120,8345 | 217,5226 | 803,1204 | 114,4793 | 254,7088 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 132,9669 | 268,4874 | 916,8506 | 131,4176 | 278,0843 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 145,5662 | 326,8468 | 1040,7502 | 149,5240 | 302,4381 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 158,6323 | 393,1016 | 1175,2370 | 168,7986 | 327,7705 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 172,1652 | 467,7527 | 1320,7289 | 189,2414 | 354,0820 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 186,1650 | 551,3009 | 1477,6441 | 210,8523 | 381,3723 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 200,6316 | 644,2251 | 1646,3823 | 233,4444 | 409,4852 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,44 | 5,5965 | 5,5965 | 0,0051 | 1,3401 | 0,4493 | 6,5318 |
| 3 | 0,88 | 11,6599 | 11,6599 | 0,2755 | 5,5799 | 1,7972 | 13,8396 |
| 4 | 1,31 | 18,1901 | 18,1901 | 1,1942 | 13,0472 | 4,0436 | 21,9159 |
| 5 | 1,75 | 25,1872 | 25,1872 | 3,1441 | 24,0676 | 7,1887 | 30,7597 |
| 6 | 2,19 | 32,6511 | 32,6511 | 6,5079 | 38,9666 | 11,2323 | 40,3717 |
| 7 | 2,63 | 40,5819 | 40,5819 | 11,6686 | 58,0702 | 16,1745 | 50,7526 |
| 8 | 3,06 | 48,9795 | 48,9795 | 19,0090 | 81,7046 | 22,0153 | 61,9026 |
| 9 | 3,50 | 57,8439 | 57,8439 | 28,9120 | 110,1962 | 28,7546 | 73,8223 |
| 10 | 3,94 | 67,1752 | 67,1752 | 41,7604 | 143,8716 | 36,3926 | 86,5120 |
| 11 | 4,38 | 76,9734 | 76,9734 | 57,9372 | 183,0573 | 44,9291 | 99,9719 |
| 12 | 4,81 | 87,2384 | 87,2384 | 77,8253 | 228,0802 | 54,3642 | 114,2023 |
| 13 | 5,25 | 97,9703 | 97,9703 | 101,8074 | 279,2670 | 64,6979 | 129,2034 |
| 14 | 5,69 | 109,1690 | 109,1690 | 130,2664 | 336,9449 | 75,9302 | 144,9753 |
| 15 | 6,13 | 120,8345 | 120,8345 | 163,5852 | 401,4408 | 88,0610 | 161,5181 |
| 16 | 6,56 | 132,9669 | 132,9669 | 202,1468 | 473,0817 | 101,0905 | 178,8321 |
| 17 | 7,00 | 145,5662 | 145,5662 | 246,3338 | 552,1948 | 115,0185 | 196,9174 |
| 18 | 7,44 | 158,6323 | 158,6323 | 296,5293 | 639,1072 | 129,8451 | 215,7739 |
| 19 | 7,88 | 172,1652 | 172,1652 | 353,1161 | 734,1462 | 145,5703 | 235,4018 |
| 20 | 8,31 | 186,1650 | 186,1650 | 416,4771 | 837,6390 | 162,1941 | 255,8012 |
| 21 | 8,75 | 200,6316 | 200,6316 | 486,9783 | 949,8985 | 179,5726 | 276,8486 |

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di sostegno in destra da 0+730.40 a 0+762.70 – Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Opera L073 | Tratto 212 | Settore E | CEE 17 | WBS OS0100 | Id. doc. REL | N. prog. 01 | Rev. A | Pag. di Pag. 278 di 278 |
|---------------|---------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|----------------|-----------|-------------------------------|

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)**Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo**

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---|
| Titolo | MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno |
| Versione | 10.10 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) |
| Utente | PROGIN S.P.A. |
| Licenza | AIU01054U |

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.