



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

PERIZIA DI VARIANTE

| | | |
|---|---|--|
| <p>CONTRAENTE GENERALE:</p>  <p>DIRPA 2 s.c.a.r.l.</p> | <p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Federico Montanari</p> | <p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Lieto</p> |
|---|---|--|

| | |
|---|---|
| <p><i>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese</i></p> <p>Mandataria: Mandanti:</p> | |
|  |  |

| | |
|---|---|
| <p><i>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'ATI</i></p> <p>Ing. Antonio Grimaldi</p> |  |
|---|---|

| | | |
|---|---|--|
| <p><i>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Iginio Farotti</p> | <p><i>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Chirico</p> | <p><i>IL DIRETTORE DEI LAVORI</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Peppino Marascio</p> |
|---|---|--|

| | |
|---|--|
| <p>OPERE D'ARTE MINORI Opere di sostegno e dreni Muro in c.a Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo</p> | <p>SCALA:</p> <hr/> <p>DATA:</p> <p style="text-align: center;">Settembre 2020</p> |
|---|--|

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 20-04-2015)

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------|---------|-----|-------------|----------|-----------|------|
| Codice Elaborato: | Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id. doc. | N. progr. | Rev. |
| | L 0 7 0 3 | 2 1 1 | E | 1 6 | O M 0 0 0 5 | R E L | 0 9 | A |

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | Redatto | | Controllato | Approvato |
|------|----------------|--------------------------------|---------|--------|-------------|-------------|
| A | Settembre 2020 | Emissione per perizia variante | PROGIN | PROGIN | S. LIETO | A. GRIMALDI |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|-------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 2 di 47 |
|----------------|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|-------------------------|

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 UNITÀ DI MISURA | 5 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 6 |
| 2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE | 6 |
| 2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE | 6 |
| 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 7 |
| 4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE..... | 8 |
| 5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA..... | 9 |
| 6. DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO | 10 |
| 7. METODO DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA..... | 11 |
| 7.1 CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO | 11 |
| 7.2 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA..... | 12 |
| 7.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO | 13 |
| 7.4 VERIFICA A SCORRIMENTO..... | 13 |
| 7.5 VERIFICA AL CARICO LIMITE..... | 14 |
| 7.6 VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE | 16 |
| 8. CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI | 17 |
| 9. ANALISI DEI CARICHI..... | 19 |
| 9.1 CARICHI FISSI | 19 |
| 9.2 SPINTE DEL TERRENO | 19 |
| 9.3 CARICHI STRADALI | 19 |
| 9.4 AZIONE SISMICA | 19 |
| 9.4.1 Effetti dell'Azione sismica sulla falda | 20 |
| 9.5 COMBINAZIONI DI CARICO..... | 21 |
| 9.5.1 Descrizione combinazioni di carico..... | 21 |
| 10. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO..... | 23 |
| 11. RISULTATI DELLE ANALISI DEI MURI DI SOSTEGNO TIPO A | 24 |
| 11.1 MODELLI DI CALCOLO | 24 |
| 11.2 RISULTATI ANALISI | 25 |
| 11.2.1 Involuppo Sollecitazioni paramento | 26 |
| 11.2.2 Involuppo Sollecitazioni fondazione | 26 |
| 11.3 VERICHE STRUTTURALI | 28 |
| 11.3.1 SLU..... | 28 |
| 11.3.2 SLE | 29 |

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riporta i calcoli, e le verifiche del muro di sostegno in in c.a. previsto alla Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 della Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" nell'ambito del Progetto Esecutivo di Dettagli dei Lavori di completamento della direttrice Perugia - Ancona, Lotto della Pedemontana Marche: Tratto Fabriano - Muccia - Sfercia.

Per il dimensionamento dei muri di sostegno è stata esaminata la sezione di calcolo, di larghezza unitaria, avente l'altezza massima con le seguenti caratteristiche geometriche:

Tabella 1: Caratteristiche geometriche Muri

| H_p m | L_f m | S_p m | S_F m |
|------------|------------|------------|------------|
| 2.0-2.5 | 2.50 | 0.75 | 0.60 |

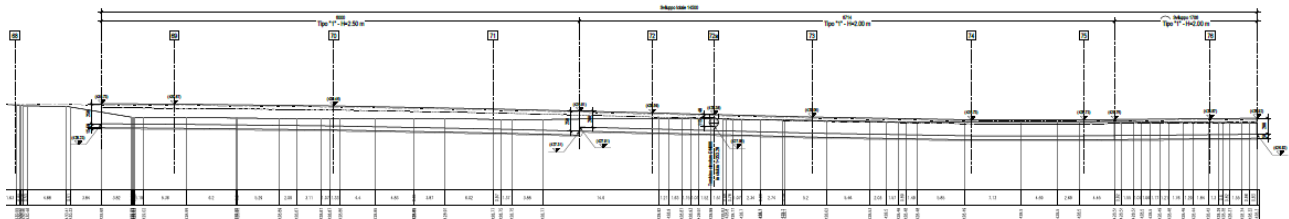
H_p : Altezza paramento

L_f : Lunghezza fondazione

S_p : Spessore paramento

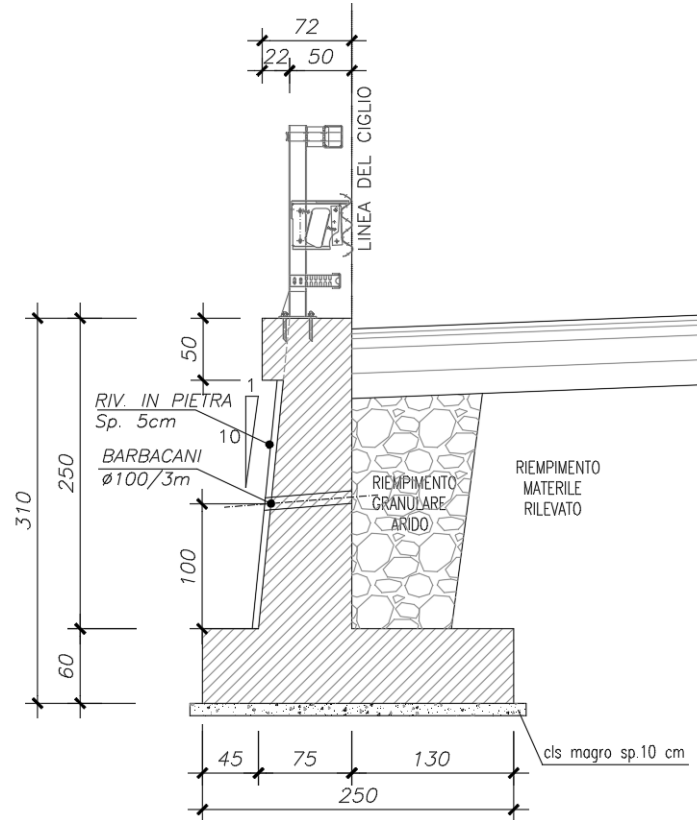
S_F : Spessore Fondazione

Di seguito si riportano il profilo dei muri di sottoscampa in esame e le sezioni tipo:



Profilo Muro

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|-------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 4 di 47 |
|----------------|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|-------------------------|



Sezione Muro


Per maggiori dettagli ed una descrizione più completa si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|-------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 5 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|-------------------------|

1.1 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, cm,
- per i carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|-------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 6 di 47 |

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella esecuzione dei calcoli si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE

L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";

L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE

Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

OPCM 3274 d.d. 20/03/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni

UNI EN 1992-2005: "Progettazione delle strutture di calcestruzzo".

UNI EN 1997-2005: "Progettazione geotecnica".

UNI EN 1998-2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".

UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo: "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle sottostrutture sono stati previsti i seguenti materiali.

Calcestruzzi

I materiali da utilizzare avranno le seguenti caratteristiche:

Tab.2 - FONDAZIONI

| | | Classe di esposizione |
|--|--------------------|-----------------------|
| | | XA2 |
| Classe di resistenza minima: | C_{min} | C32/40 |
| Rapporto massimo acqua/cemento | a/max | 0.5 |
| Contenuto minimo di cemento (kg/m ³) | cem _{min} | 360 |

Tab.3 - ELEVAZIONI:

| | | Classe di esposizione |
|--|--------------------|-----------------------|
| | | XC2 |
| Classe di resistenza minima: | C_{min} | C25/30 |
| Rapporto massimo acqua/cemento | a/max | 0.5 |
| Contenuto minimo di cemento (kg/m ³) | cem _{min} | 300 |

Tab.4 - CALCESTRUZZO PER MAGRONE

| | | |
|------------------------------|-----------|--------|
| Classe di resistenza minima: | C_{min} | C12/15 |
|------------------------------|-----------|--------|

Per la realizzazione dei calcestruzzi, al fine di assicurare i requisiti di qualità e di durabilità, si è fatto riferimento alle specifiche riportate nella norma UNI EN 206-1. pertanto sulla base delle condizioni ambientali prevedibili per le opere in oggetto si riporta nella tabella seguente, in corrispondenza di ogni elemento strutturale, la classe di esposizione, la resistenza caratteristica R_{ck} , il rapporto a/c massimo, il quantitativo di cemento minimo, e l'eventuale percentuale di aria che deve essere inglobata nel calcestruzzo.

Sono previsti inoltre copriferri pari a:

35 mm per le elevazioni, 40 mm per le fondazioni e superfici controterra in genere.

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera sono state valutate conformemente alle specifiche previste dal Decreto Ministeriale 14 settembre 2005, pertanto nella tabella seguente vengono riportati i valori assunti per il modulo elastico e per le resistenze allo stato limite ultimo e di esercizio

| CARATTERISTICHE MECCANICHE CALCESTRUZZI | | | | |
|---|-------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| f_{ck}/R_{ck} (Mpa) | E_c (Mpa) | S.L.U | | S.L.E |
| | | $f_{cd}=R_{ck}/\gamma_{m,c}$ (Mpa) | $f_{ctd}=f_{ctk}/\gamma_{m,c}$ (Mpa) | $\sigma_c=R_{ck}/(\gamma_{m,c}\gamma_{E,c})$ (Mpa) |
| C25/30 | 33000 | 15.79 | 1.15 | 14.4 (rara) 11.1 (quasi permanente) |
| C32/40 | 33000 | 21.05 | 2.45 | 19.2 (rara) 14.8 (quasi permanente) |

Acciaio per armature

Tab.5 - ACCIAIO ARMATURA ORDINARIA

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento:

Tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Le caratteristiche meccaniche adottate per l'acciaio sono:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO PER C.A. | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---|
| TIPO | E _c (Mpa) | f _{tk} (Mpa) | f _{yk} (Mpa) | S.L.U | S.L.E |
| | | | | f _{yd} = f _{yk} /γ _{m,s} (Mpa) | σ _{smax} = f _{yk} /1.25 (Mpa) |
| B450C | 210000 | 540 | 450 | 391 | 360 |

4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte dalla relazione geotecnica. In particolare si riscontrano le seguenti unità geotecniche:

| Unità Geotecnica | γ [kN/m ³] | γ _{sat} [kN/m ³] | Φ' [°] | c' [kPa] |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------|----------|
| Rilevato | 20.0 | 20.0 | 35 | 0 |
| Terreno di fondazione (Ag) | 19.0 | 20.0 | 35 | 0 |

γ = peso dell'unità di volume secco

γ_{sat} = peso dell'unità di volume saturo

c' = coesione drenata

φ' = angolo di resistenza al taglio

Il regime delle spinte presenti sull'opera non è influenzato dalla falda.

5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Dal punto di vista sismico, si osserva che l'area interessata dalle opere, ricadono in comuni classificati come Zona 2 secondo l'Ordinanza 3274 del 20/03/2003. Più specificatamente, nella relazione 'sismica' viene riportata un'analisi della zonazione sismica relativa ai territori interessati al tracciato dell'asse viario e viene fornita l'accelerazione al suolo relative a tali zone che è assunta pari ad $a_g=0.275g$; tale parametro è necessario per la determinazione delle azioni sismiche da utilizzare nella progettazione.

L'analisi delle caratteristiche sismiche locali non ha evidenziato situazioni particolarmente sfavorevoli e per tanto le azioni sismiche sono state valutate con riferimento ai parametri previsti nella relazione 'sismica', ossia:

$a_g= 0.275 g$ (accelerazione al suolo per opere in zona sismica II situate lungo l'asse viario e strutture in classe 2)

$S=1.25$ (fattore categoria suolo tipo B)

Nel seguito si riporta lo spettro di risposta orizzontale in termini di pseudo accelerazioni con riferimento ad un valore del coefficiente ξ di smorzamento viscoso convenzionale pari al 5%.

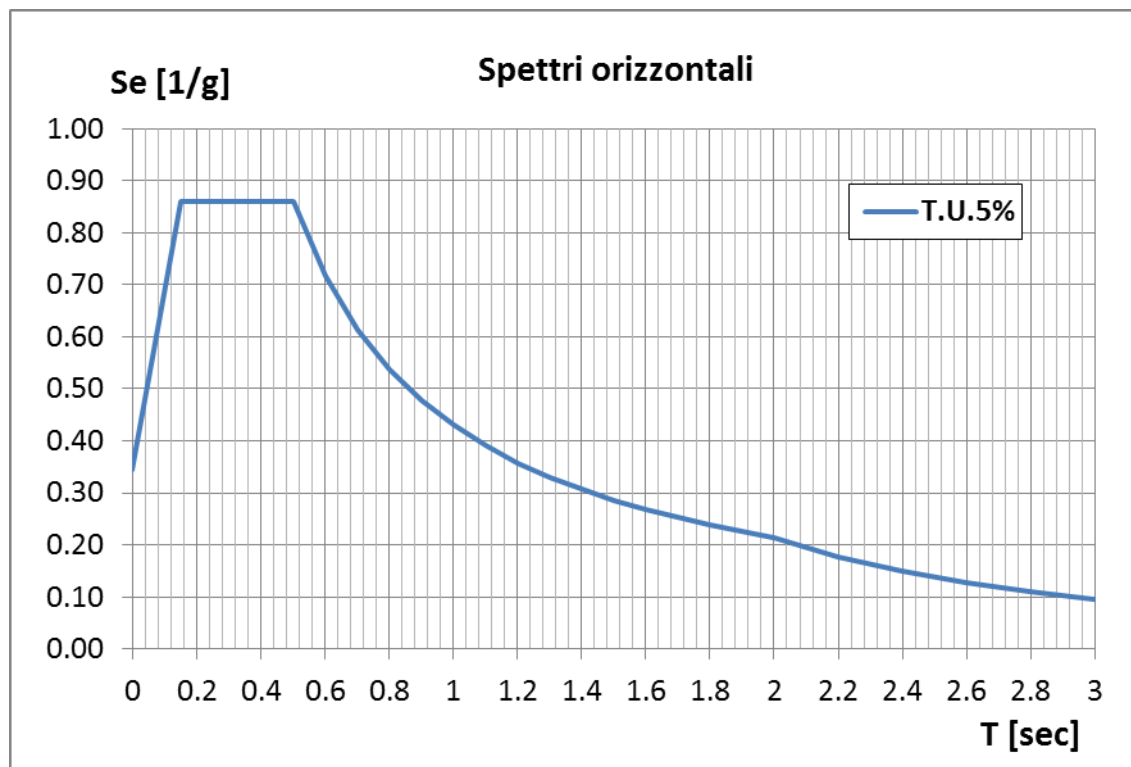


Figura 1 – Spettro di Risposta Orizzontale (Pseudo Accelerazioni)

6. DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO

Ai fini del progetto di un'opera geotecnica, la normativa vigente (cfr. Paragrafo 2), impone di considerare quattro differenti stati limite di progetto:

- stato limite di esercizio (SLE): le analisi sono condotte considerando come valori di progetto delle azioni esterne e dei parametri geotecnici i loro valori caratteristici A_k e M_k , le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze i loro valori caratteristici R_k ;
- stato limite ultimo combinazione A_1+M_1 (SLU COMB1): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A_1 ottenuti amplificando con opportuni fattori i valori caratteristici A_k , i valori di progetto dei parametri geotecnici M_1 sono pari ai valori caratteristici M_k . Le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze R_1 i valori caratteristici R_k ridotti con opportuni fattori;
Quindi i risultati dell'analisi STRU (A_1+M_1), possono essere cautelativamente ottenuti moltiplicando quelli dell'analisi SLE x 1.4.
- stato limite ultimo combinazione A_2+M_2 (SLU COMB2): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A_2 ottenuti amplificando con opportuni fattori i valori caratteristici A_k , i valori di progetto dei parametri geotecnici M_1 sono ottenuti riducendo con opportuni fattori i valori caratteristici M_k . Le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze R_2 i valori caratteristici R_k ridotti con opportuni fattori;

In generale, per le opere geotecniche, lo stato limite di esercizio è utile per investigare gli spostamenti dell'opera e procedere alle verifiche di resistenza con il metodo delle tensioni ammissibili degli elementi strutturali. Inoltre, lo stato limite ultimo COMB1 e lo stato limite ultimo sismico sono i più gravosi ai fini delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali con il metodo degli stati limite infine, lo stato limite ultimo COMB2 permette di controllare la stabilità dell'opera in condizioni ultime.

Nelle tabelle di seguito riportate (cfr. Tabella a, Tabella b, Tabella c), sono riassunti, per ciascuno stato limite considerato, i fattori amplificativi o riduttivi (coefficienti parziali) da applicare.

Considerando inoltre che la normativa tecnica non fornisce indicazioni esplicite sull'obbligatorietà di fattorizzare i valori caratteristici M_k , nello SLU sismico non si è proceduto alla riduzione dei valori dei parametri geotecnici. Infatti, le azioni sismiche di progetto a_g sono valutate sulla base delle accelerazioni massime al suolo causate da sismi con probabilità del 90% di non essere superati nella vita utile dell'opera ovvero sono già azioni esterne allo stato limite ultimo. Inoltre, visto che lo SLU sismico costituisce uno stato limite distinto dalla normativa stessa rispetto alla COMB2 e tenendo conto che riducendo i parametri geotecnici del terreno congiuntamente all'applicazione del sisma si arriverebbero a determinare condizioni certamente più gravose della COMB2, è ragionevole concludere che nello SLUS non si debba procedere all'applicazione di nessun coefficiente parziale ai valori M_k .

Tabella a – Coefficienti parziali a stato limite COMB1 (A_1+M_1)

| Azioni (A_1) | | | | Proprietà del terreno (M_1) | | |
|------------------|------------|----------------------|------------|---------------------------------|------|----------------|
| Permanenti | | Temporanee variabili | | tan φ' | c' | c _u |
| Sfavorevoli | Favorevoli | Sfavorevoli | Favorevoli | | | |
| 1.40 | 1.00 | 1.50 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Tabella b – Coefficienti parziali a stato limite COMB2 (A_2+M_2)

| Azioni (A_2) | | | | Proprietà del terreno (M_2) | | |
|------------------|------------|----------------------|------------|---------------------------------|------|----------------|
| Permanenti | | Temporanee variabili | | tan φ' | c' | c _u |
| Sfavorevoli | Favorevoli | Sfavorevoli | Favorevoli | | | |
| 1.00 | 1.00 | 1.30 | 0.00 | 1.25 | 1.25 | 1.40 |

Tabella c – Coefficienti parziali a stato limite sismico

| Azioni (A_1) | | | | Proprietà del terreno (M_1) | | |
|------------------|------------|----------------------|------------|---------------------------------|------|----------------|
| Permanenti | | Temporanee variabili | | tan φ' | c' | c _u |
| Sfavorevoli | Favorevoli | Sfavorevoli | Favorevoli | | | |
| 1.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

7. METODO DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA

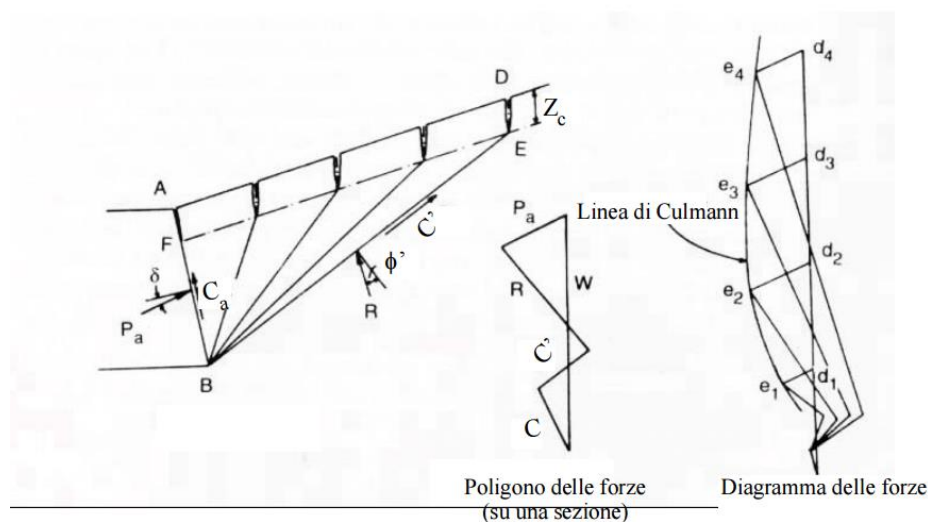
Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- 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

7.1 CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO

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.

7.2 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 parete pari a

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

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

dove $\theta = \arctg(C)$ essendo C il coefficiente di intensità sismica.

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

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


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

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

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.

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 13 di 47 |

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.

Di seguito si riportano i parametri utilizzati per la valutazione dell'azione sismica:

Sisma

| | |
|---|--|
| Zona sismica | Zona 2 ($a_g=27.5\%$) |
| Accelerazione al suolo $a_g =$ | 27.50% |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) | 1.25 (Categorie di sottosuolo B, C, E) |
| Coefficiente di importanza (γ) | 1.00 |
| Coefficiente di amplificazione topografica (S_t) | 1.00 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | 0.50 |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g*\gamma*I*S_t*S)=34.4$ |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50*k_h=17.2$ |
| Forma diagramma incremento sismico | Stessa forma diagramma statico |

7.3 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 .

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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


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.

7.4 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 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 .

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

| | | | | | | | | | |
|--|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 14 di 47 |

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

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_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagenti, la forza resistente può esprimersi come

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

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.

7.5 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:

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

Eseguendo 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:

$$Q_u = c N_c d_{c1} + q N_q d_{q1} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma 1}$$

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;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 15 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

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

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

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:

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

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

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

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 16 di 47 |

7.6 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.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Bishop si esprime secondo la seguente formula:


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

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, 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 e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

| | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a. da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 17 di 47 |

8. CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Stato limite di resistenza a presso-tenso-flessione e taglio per elementi in c.a.

Per le verifiche agli SLU degli elementi in c.a. si è controllato il rispetto della condizione:

$$S_{Rd}/S_{Ed} \geq 1$$

con:

- S_{Rd} la capacità resistente della sezione (a pressoflessione / taglio)
- S_{Ed} la sollecitazione di domanda (a pressoflessione/taglio)

I domini di resistenza a pressoflessione delle sezioni in calcestruzzo armato allo SLU sono stati ricavati con il software commerciale PresFLE+ distribuito dalla Concrete.

Il valore del taglio resistente è stato invece calcolato in accordo con la normativa attraverso un apposito foglio di calcolo. In particolare:

Resistenza in assenza di armatura specifica

Si svolgono verifiche di resistenza nella soletta, nei confronti del taglio ultimo secondo il criterio:

$$\frac{V_{Ed,c}}{V_{Rd,c}} \leq 1$$

La resistenza a taglio nel piano verticale $V_{rd,c}$ della soletta viene valutata con riferimento all'EN 1992-2:2005 punto 6.2.2 secondo l'espressione :

$$V_{Rd,c} = \left[\text{Max}(C_{rd,c} \cdot k(100\rho_1 f_{ck})^{1/3}; v_{\min}) + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

dove b_w e d sono rispettivamente la dimensione della sezione in direzione normale all'asse di taglio e l'altezza utile della sezione in direzione parallela all'asse di taglio e dove :

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad \rho_1 = \frac{A_{st}}{b_w d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \sigma_{cp,o} \leq \sigma_{c,med} \leq 0.2 f_{cd}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} \quad k_1 = 0.12$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

con $\sigma_{cp,o}$ di trazione assunta negativa e pari a 1.85 MPa.

Resistenza in presenza di armatura specifica


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

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

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

in cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;

| | | | | | | | | | |
|--|--|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 18 di 47 |

- s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;
- f_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima, pari a $0.5f_{cd}$;
- α è l'inclinazione delle staffe di contenimento;
- θ è l'inclinazione della biella compressa.

Le verifiche di resistenza delle sezioni maggiormente sollecitate sono state condotte con l'ausilio di un foglio di calcolo strutturato 'ad hoc' nel rispetto dei dettami normativi ipotizzando, cautelativamente, un'inclinazione della biella di calcestruzzo del meccanismo di rottura a taglio sempre pari a 45° .

Stato limite delle tensioni di esercizio

Come prescritto al p.to 5.1.2.2.7 del D.M. 14/09/2005, la massima tensione di compressione nel conglomerato cementizio deve rispettare la seguente limitazione

$$\sigma_c \leq \frac{R_{ck}}{\gamma_{m,c} \cdot \gamma_{Ec}}$$

dove $\gamma_{m,c}$ e γ_{Ec} vengono adottati in conformità con quanto indicato nella tabella 5.1-XI, riportata qui di seguito.

Tabella 5.1-XI


| Condizioni ambientali | Combinazione di carico | $\gamma_{m,c}$ | γ_{Ec} |
|-----------------------|------------------------|----------------|---------------|
| Ordinarie | Rara | 1,5 | 1,4 |
| | Quasi-permanente | 1,5 | 1,8 |
| Aggressive | Rara | 1,5 | 1,5 |
| | Quasi-permanente | 1,5 | 1,9 |
| Molto aggressive | Rara | 1,5 | 1,6 |
| | Quasi-permanente | 1,5 | 2,0 |

Nel caso in esame, avendo considerato condizioni ambientali aggressivi, risulta quindi:

- Solettone e cordoli (C35/45)
 - $\sigma_c \leq 20.0$ MPa in combinazione rara;
 - $\sigma_c \leq 15.8$ MPa in combinazione quasi permanente.
- Pali (C32/40)
 - $\sigma_c \leq 17.8$ MPa in combinazione rara;
 - $\sigma_c \leq 14.0$ MPa in combinazione quasi permanente.

La tensione massima nelle barre di armatura per effetto delle azioni dovute alle combinazioni rare deve risultare:

$$\sigma_s \leq \frac{f_{yk}}{1.25} = 360 \text{ MPa}$$

| | | | | | | | | | |
|--|--|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 19 di 47 |

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 $\gamma=25$ kN/m³, mentre per il terreno si è assunto $\gamma=20$ kN/m³

9.2 SPINTE DEL TERRENO

Per la valutazione delle spinte del terreno in fase statica, si è fatto riferimento al metodo di Culmann, descritto al paragrafo 7.1.

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

$$\begin{aligned} \gamma &= 20 \text{ KN/m}^3 \\ c' &= 0 \\ \varphi' &= 35 \\ \delta &= 2/3\varphi' \text{ (attrito terra muro)} \end{aligned}$$

9.3 CARICHI STRADALI

La valutazione dei carichi stradali di progetto applicati all'opera viene effettuata sulla base di quanto specificato dal D.M. 14/09/2005 p.to 6.2.3.3.4

Per tenere conto dei carichi stradali viene applicato un carico distribuito a tego del muro pari a 20 kN/m²

9.4 AZIONE SISMICA

Gli incrementi sismici dovuti alle masse ed al spinte del terrapieno, vengono valutate, secondo quanto prescritto dall'Ordinanza 3274, eseguendo un'analisi pseudo-statica applicando un insieme di forze statiche orizzontali e verticali all'opera. Le azioni dovute alle masse, vengono valutate moltiplicando le forze di gravità per un coefficiente sismico orizzontale (k_h) ed un coefficiente verticale (k_v). Tali coefficienti, in assenza di studi specifici, possono essere calcolati applicando le seguenti espressioni:

$$k_h = S \cdot \frac{a_g / g}{r} = 1,25 \cdot \frac{0,275}{1} = 0,344;$$

$$k_v = 0,5 \cdot k_h = 0,172.$$

Si osserva inoltre che la componente verticale dell'azione sismica, viene considerata agente sia verso l'alto che verso il basso. Tali coefficienti sismici possono essere assunti costanti lungo l'altezza del muro.

Pertanto le azioni sismiche complessive dovute alla massa del muro di sostegno ed a quella del terrapieno, risultano applicate nei rispettivi baricentri.

L'azione globale esercitata dal terrapieno E_d (statica + dinamica) in condizioni sismiche invece, viene valutata utilizzando l'espressione riportata di seguito ed applicata alla stessa quota di quella statica (H/3 a partire dalla base).

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2 + E_{ws}$$

dove:

H è l'altezza del muro;

E_{ws} è la spinta idrostatica (assente nel caso in oggetto);

γ^* è il peso specifico del terreno

K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) calcolato applicando la formula di Mononobe e Okabe che per stati di spinta attiva vale:

$$\beta \leq \phi - \theta \cdot K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta \cdot K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

Dove si è indicato con:

ϕ il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio del terreno in condizioni di sforzo efficace;

ψ, β gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;

δ è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;

θ è l'angolo definito dalla seguente espressione:

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

9.4.1 Effetti dell'Azione sismica sulla falda

Alla pressione $\square \sigma_h$, per terreni sotto falda con permeabilità $k \geq$ di 5×10^{-4} m/s (terreni sismicamente permeabili), occorre aggiungere anche la pressione idrodinamica p_w .

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.

Se l'acqua si trova al di sopra della superficie del terreno, le pressioni esterne idrodinamiche sono contenute all'interno dell'equazione sopra riportata. Nel caso si abbia una quota di falda al di sopra della quota di scavo le pressioni idrodinamiche sono incluse nel lato scavo, nella direzione dell'accelerazione orizzontale.

Dipendendo dalla permeabilità del terreno, l'acqua contenuta nel terreno stesso può muoversi indipendentemente o insieme allo scheletro solido; nello specifico si fa l'ipotesi di terreno pervio, condizione che corrisponde alla possibilità dell'acqua di muoversi in maniera indipendente, per cui gli effetti idrodinamici sono inclusi in tutti gli strati:

9.5 COMBINAZIONI DI CARICO

9.5.1 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 | 1.40 | 1.00 | 1.40 |
| Carico stradale | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.35 | 1.00 | 1.35 |

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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

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 | 1.40 | 1.00 | 1.40 |

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 |

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 |

Combinazione n° 7 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 8 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 9 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 22 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Combinazione n° 10 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 11 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 12 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 13 - 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° 14 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.50 | 0.50 |

Combinazione n° 15 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Traito 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 23 di 47 |

10. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Nell'ambito del presente paragrafo si riporta una descrizione delle caratteristiche dei Software utilizzati per l'effettuazione delle Analisi e Verifiche strutturali e geotecniche esposte ai successivi paragrafi.

Denominazione ed Estremi di Licenza del Software

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

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 pseudo –statico

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.

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. come riportato in apposita documentazione fornita a corredo dell'acquisto del prodotto, che per brevità espositiva si omette di allegare al presente documento.

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.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni esposte nel documento sono state inoltre sottoposte a controlli dal sottoscritto utente del software.

Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali, che per brevità espositiva si omette dall'allegare al presente documento.

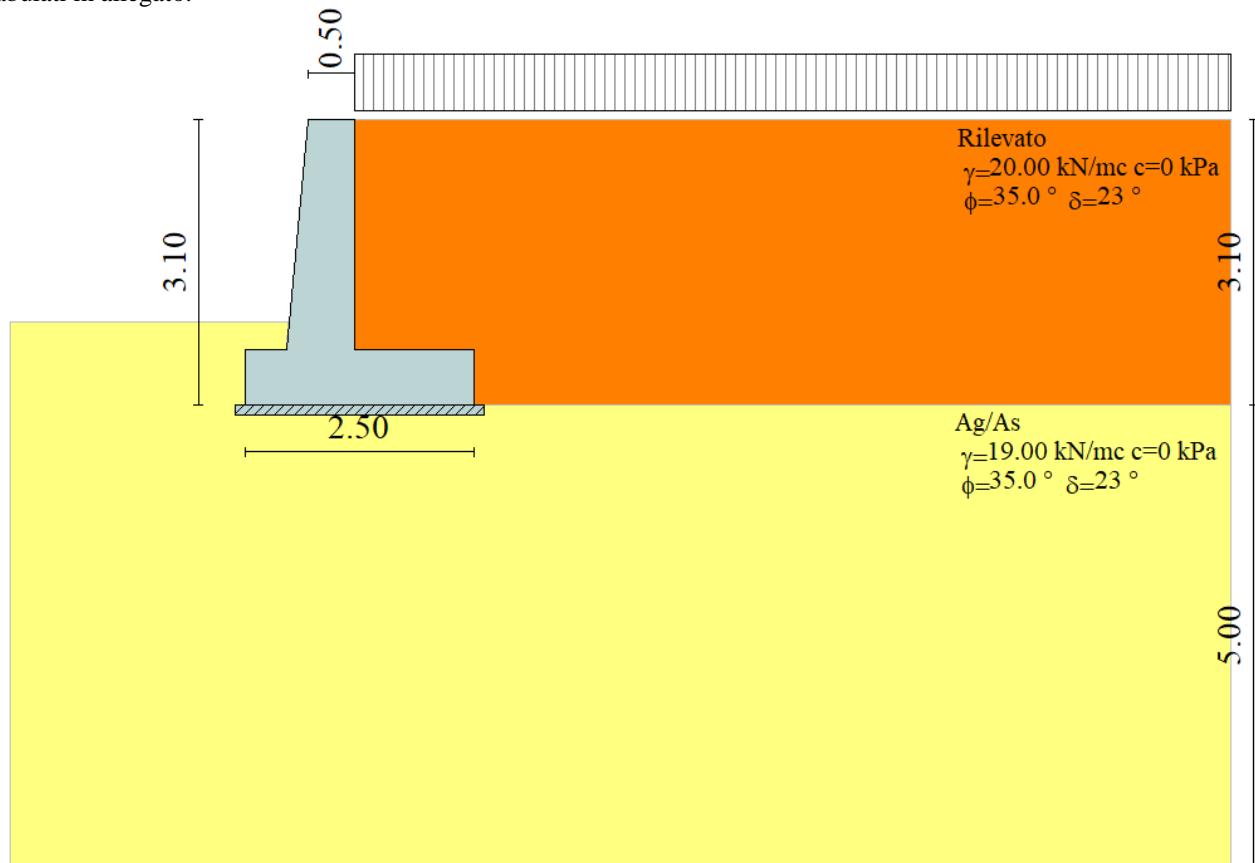
Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, Il Progettista dichiara pertanto che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, validando conseguentemente i risultati dei calcoli esposti nella presente

11. RISULTATI DELLE ANALISI DEI MURI DI SOSTEGNO TIPO A

11.1 MODELLI DI CALCOLO

Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si rimanda ai tabulati in allegato.

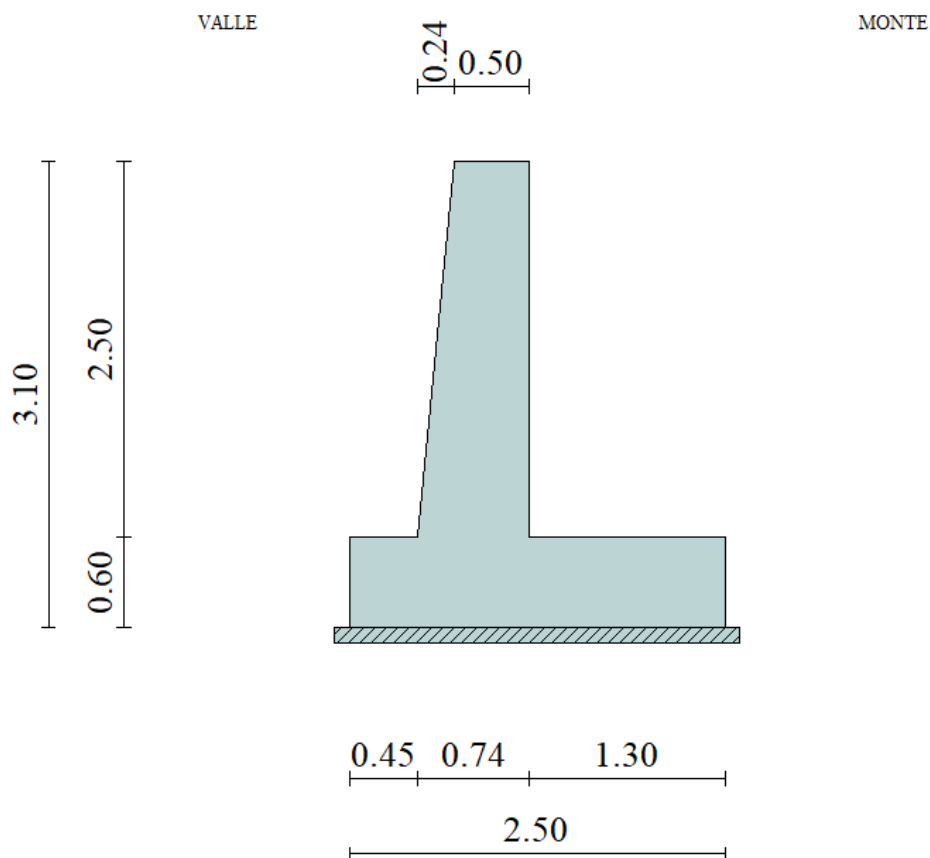


Modello di calcolo muro

Si segnala che per la spinta statica si adotta un coefficiente di spinta "a riposo" k_0 mentre per la spinta sismica si adotta un coefficiente di spinta attiva k_a .

$$k_0 = 1 - \text{sen}\phi$$

$$k_a = (1 - \text{sen}\phi) / (1 + \text{sen}\phi)$$



Geometria muro

11.2 RISULTATI ANALISI

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati più gravosi in termini di coefficienti di sicurezza per le combinazioni previste al paragrafo 9.5.

| Comb. | Tipo comb. | Sisma | FS (ribalt) | FS (scorr) | FS (qult) | FS (stab) | Spinta[kN] | Incr. sism.[kN] |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | 1.52 | 8.13 | -- | 74.4345 | 0.0000 |
| 2 | EQU - [1] | -- | 3.29 | -- | -- | -- | 73.8140 | 0.0000 |
| 3 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 1.78 | 68.4846 | 0.0000 |
| 4 | A1-M1 - [2] | -- | -- | 1.75 | 11.57 | -- | 51.7116 | 0.0000 |
| 5 | EQU - [2] | -- | 3.99 | -- | -- | -- | 48.1805 | 0.0000 |
| 6 | STAB - [2] | -- | -- | -- | -- | 2.32 | 43.8004 | 0.0000 |
| 12 | STAB - [3] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | 1.44 | 47.5980 | 16.7561 |
| 13 | SLEQ - [1] | -- | -- | 2.38 | 15.82 | -- | 36.9369 | 0.0000 |
| 14 | SLEF - [1] | -- | -- | 2.15 | 13.43 | -- | 44.5112 | 0.0000 |
| 15 | SLEP - [1] | -- | -- | 1.98 | 11.62 | -- | 52.0855 | 0.0000 |
| 7 | A1-M1 - [3] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1.42 | 7.53 | -- | 26.4988 | 14.6213 |
| 8 | A1-M1 - [3] | SismaH + SismaV negativo | -- | 1.32 | 7.37 | -- | 26.4988 | 10.5460 |
| 9 | EQU - [3] | SismaH + SismaV positivo | 2.82 | -- | -- | -- | 33.2146 | 16.8175 |
| 10 | EQU - [3] | SismaH + SismaV negativo | 2.33 | -- | -- | -- | 33.2146 | 11.6927 |
| 11 | STAB - [3] | SismaH + SismaV positivo | -- | -- | -- | 1.53 | 33.2146 | 16.8175 |
| 12 | STAB - [3] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | 1.44 | 33.2146 | 11.6927 |

11.2.1 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]

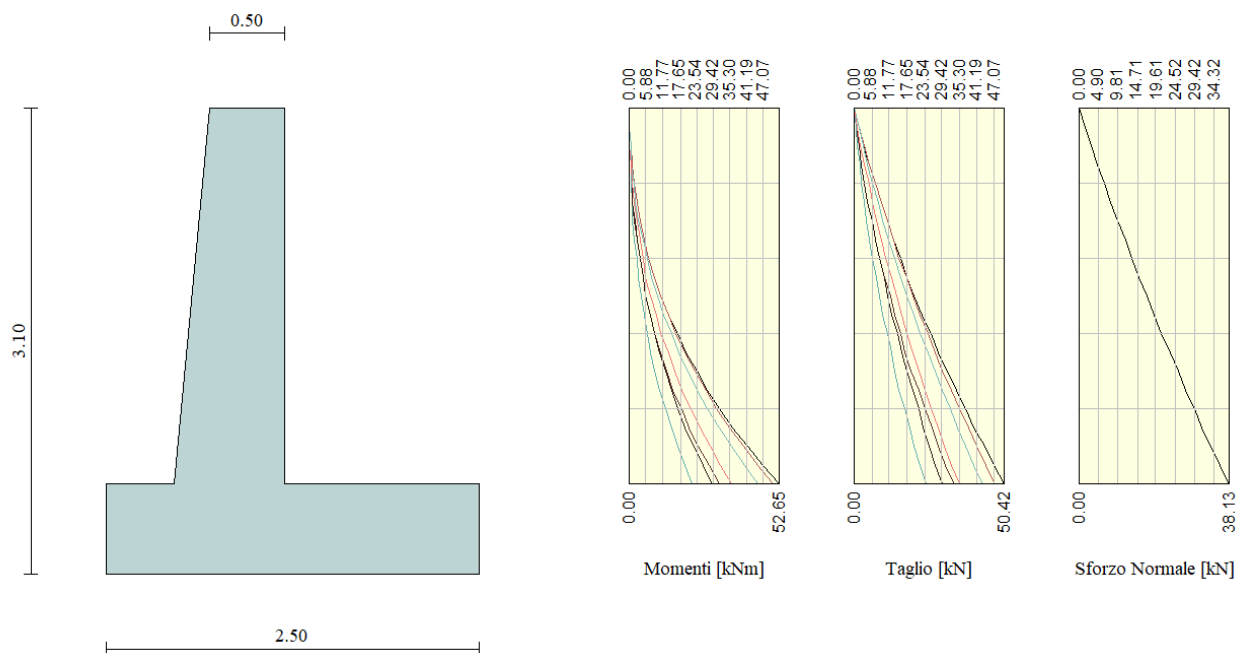


Figura 2: Inviluppo Sollecitazioni Paramento

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.63 | 8.1293 | 8.1293 | 1.2215 | 2.5716 | 4.7145 | 8.9442 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 17.1942 | 5.8958 | 11.1491 | 11.8899 | 20.3011 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 27.1947 | 15.5289 | 27.3545 | 21.5204 | 34.1406 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 38.1307 | 31.6259 | 52.6544 | 33.5905 | 50.4197 |

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 | 0.63 | 8.1293 | 8.1293 | 0.8375 | 1.7119 | 3.3675 | 6.1690 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 17.1942 | 4.0658 | 7.5680 | 8.4928 | 14.1002 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 27.1947 | 10.7524 | 18.6361 | 15.3717 | 23.7852 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 38.1307 | 21.9641 | 35.9830 | 23.9932 | 35.2127 |

11.2.2 Inviluppo Sollecitazioni fondazione

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]

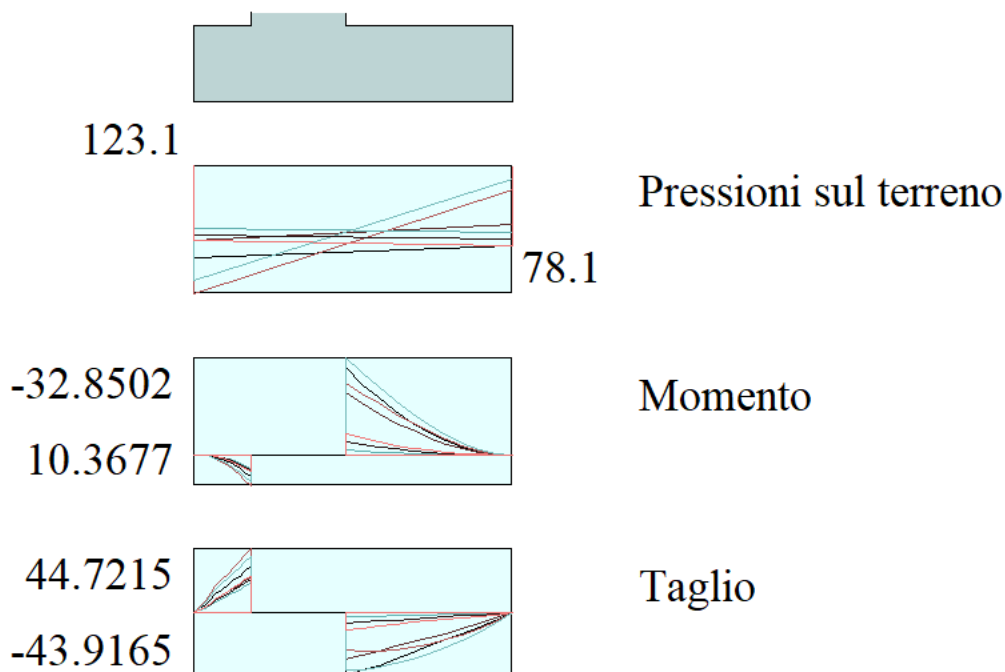


Figura 3: Inviluppo Sollecitazioni Fondazione

INVILUPPO FONDAZIONE DI VALLE
Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.22 | 1.4310 | 2.6683 | 12.6700 | 23.3788 |
| 3 | 0.45 | 5.6788 | 10.3677 | 25.0381 | 44.7215 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.22 | 1.1587 | 1.4500 | 10.3095 | 12.9082 |
| 3 | 0.45 | 4.6439 | 5.8176 | 20.6805 | 25.9347 |

INVILUPPO FONDAZIONE DI MONTE
Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.65 | -10.0209 | -5.6202 | -28.0514 | -16.8730 |
| 3 | 1.30 | -32.8502 | -21.3891 | -43.9165 | -25.7062 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|----------|---------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.65 | -1.5987 | -0.3266 | -5.0836 | -1.0905 |
| 3 | 1.30 | -6.8227 | -1.5289 | -11.1548 | -2.6948 |

11.3 VERICHE STRUTTURALI

11.3.1 SLU

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 |
| VRcd | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| VRsd | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| 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 | 1,00, 0,50 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | 0 | 769,23 | 168,22 | -- | -- |
| 2 | 0,63 | 1,00, 0,56 | 0,00077 | 0,00077 | 1733,33 | -421,78462 | 164,02 | 185,47 | -- | -- |
| 3 | 1,25 | 1,00, 0,62 | 0,00077 | 0,00077 | 540,09 | -269,38462 | 24,16 | 202,54 | -- | -- |
| 4 | 1,88 | 1,00, 0,68 | 0,00077 | 0,00077 | 633,05 | -489,82308 | 17,91 | 240,14 | -- | -- |
| 5 | 2,5 | 1,00, 0,75 | 0,00077 | 0,00077 | 243,05 | -258,16923 | 4,90 | 236,37 | -- | -- |

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 | 1,00, 0,60 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | 0,00 | 769,23 | 194,43 | -- | -- |
| 2 | 0,22 | 1,00, 0,60 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | 157,31 | 58,95 | 194,43 | -- | -- |
| 3 | 0,45 | 1,00, 0,60 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | 157,31 | 15,17 | 194,43 | -- | -- |

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 | 1,00, 0,60 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | 0,00 | 769,23 | 194,43 | -- | -- |
| 2 | 0,65 | 1,00, 0,60 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | -157,31 | 15,70 | 194,43 | -- | -- |
| 3 | 1,3 | 1,00, 0,60 | 0,00077 | 0,00077 | 0 | -157,31 | 4,79 | 194,43 | -- | -- |

VERIFICHE A TAGLIO

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

Verifiche di resistenza a taglio

| Sezione | V_{Ed} | b | h | V_{Rd} |
|------------|----------|------|------|----------|
| [-] | [kN] | [cm] | [cm] | [kN] |
| Fondazione | 37 | 100 | 60 | 194 |
| Paramento | 37 | 100 | 70 | 236 |

11.3.2 SLE
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

VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

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 | 0.0077 | 0.0077 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0.63 | 1.00, 0.56 | 0.0077 | 0.0077 | 54 | 14 | 539 | -642 |
| 3 | 1.25 | 1.00, 0.62 | 0.0077 | 0.0077 | 225 | 29 | 6582 | -2316 |
| 4 | 1.88 | 1.00, 0.68 | 0.0077 | 0.0077 | 363 | 45 | 10123 | -3949 |
| 5 | 2.50 | 1.00, 0.75 | 0.0077 | 0.0077 | 816 | 60 | 37847 | -7852 |

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 SLE

| Nr. | X | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fi} | σ_{fs} |
|-----|------|------------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 4 | 0.00 | 1.00, 0.60 | 0.0077 | 0.0077 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.22 | 1.00, 0.60 | 0.0077 | 0.0077 | 48 | 28 | 2876 | -317 |
| 6 | 0.45 | 1.00, 0.60 | 0.0077 | 0.0077 | 192 | 57 | 11540 | -1273 |

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 30 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|

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 SLE

| Nr. | X | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fi} | σ _{fs} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 4 | 0.00 | 1.00, 0.60 | 0.0077 | 0.0077 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.65 | 1.00, 0.60 | 0.0077 | 0.0077 | 53 | -11 | -350 | 3171 |
| 6 | 1.30 | 1.00, 0.60 | 0.0077 | 0.0077 | 225 | -24 | -1493 | 13534 |

Verifiche a fessurazione

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

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]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [m]

w Apertura media della fessura espressa in [m]

Si riportano i risultati relativi alla combinazione più sfavorevole, ovvero alla comb. 17:

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | s _m | w |
|----|------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|----------|
| 1 | 0.00 | 0.0077 | 0.0077 | -63.26 | 0.00 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 2 | 0.13 | 0.0077 | 0.0077 | -66.35 | -0.03 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 3 | 0.25 | 0.0077 | 0.0077 | -69.51 | -0.12 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 4 | 0.38 | 0.0077 | 0.0077 | -72.74 | -0.28 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 5 | 0.50 | 0.0077 | 0.0077 | -76.04 | -0.51 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 6 | 0.63 | 0.0077 | 0.0077 | -79.41 | -0.84 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 7 | 0.75 | 0.0077 | 0.0077 | -82.85 | -1.26 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 8 | 0.88 | 0.0077 | 0.0077 | -86.37 | -1.78 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 9 | 1.00 | 0.0077 | 0.0077 | -89.95 | -2.42 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 10 | 1.13 | 0.0077 | 0.0077 | -93.61 | -3.18 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 11 | 1.25 | 0.0077 | 0.0077 | -97.33 | -4.07 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 12 | 1.38 | 0.0077 | 0.0077 | -101.13 | -5.09 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 13 | 1.50 | 0.0077 | 0.0077 | -105.00 | -6.27 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 14 | 1.63 | 0.0077 | 0.0077 | -108.94 | -7.59 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 15 | 1.75 | 0.0077 | 0.0077 | -112.95 | -9.09 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 16 | 1.88 | 0.0077 | 0.0077 | -124.06 | -10.75 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 17 | 2.00 | 0.0077 | 0.0077 | -128.38 | -12.60 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 18 | 2.13 | 0.0077 | 0.0077 | -125.40 | -14.63 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 19 | 2.25 | 0.0077 | 0.0077 | -129.69 | -16.87 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 20 | 2.38 | 0.0077 | 0.0077 | -134.06 | -19.31 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 21 | 2.50 | 0.0077 | 0.0077 | -138.49 | -21.96 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | s _m | w |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------|----------------|----------------|----------|
| 1 | -1.20 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | 0.00 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 2 | -1.15 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 0.05 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 3 | -1.10 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 0.19 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 4 | -1.06 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 0.42 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 5 | -1.02 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 0.74 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 6 | -0.97 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 1.16 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 7 | -0.93 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 1.67 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 8 | -0.88 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 2.27 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 9 | -0.83 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 2.97 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 10 | -0.79 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 3.76 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 31 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|

| | | | | | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|----------|
| 11 | -0.74 | 0.0077 | 0.0077 | 90.54 | 4.64 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 12 | 0.00 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -1.53 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 13 | 0.13 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -1.20 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 14 | 0.26 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.92 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 15 | 0.39 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.68 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 16 | 0.52 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.49 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 17 | 0.65 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.33 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 18 | 0.78 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.20 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 19 | 0.91 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.11 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 20 | 1.04 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.05 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 21 | 1.17 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | -0.01 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |
| 22 | 1.30 | 0.0077 | 0.0077 | -90.54 | 0.00 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000000 |

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | 0,00 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 2 | 0,20 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -0,01 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 3 | 0,40 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -0,07 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 4 | 0,60 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -0,24 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 5 | 0,80 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -0,56 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 6 | 1,00 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -1,10 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 7 | 1,20 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -1,89 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 8 | 1,40 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -3,01 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 9 | 1,60 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -4,49 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 10 | 1,80 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -6,39 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 11 | 2,00 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -8,77 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 12 | 2,20 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -11,67 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 13 | 2,40 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -15,15 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 14 | 2,60 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -19,27 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 15 | 2,80 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -24,06 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 16 | 3,00 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -29,60 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 17 | 3,20 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -35,92 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 18 | 3,40 | 0,0077 | 0,0077 | -98,64 | -43,09 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 19 | 3,60 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -51,15 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 20 | 3,80 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -60,15 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 21 | 4,00 | 0,0077 | 0,0077 | -91,67 | -70,16 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pf} | M | ε _m | S _m | w |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|----------|
| 1 | -1,40 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | 0,00 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 2 | -1,32 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 0,26 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 3 | -1,24 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 1,06 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 4 | -1,16 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 2,38 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 5 | -1,08 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 4,23 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 6 | -1,00 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 6,62 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 7 | -0,92 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 9,55 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 8 | -0,84 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 13,01 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 9 | -0,76 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 17,00 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 10 | -0,68 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 21,54 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 11 | -0,60 | 0,0077 | 0,0077 | 126,63 | 26,62 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 12 | 0,00 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -24,60 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 13 | 0,30 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -22,14 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 14 | 0,60 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -19,24 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 15 | 0,90 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -16,07 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 16 | 1,20 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -12,79 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 17 | 1,50 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -9,57 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 18 | 1,80 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -6,56 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 19 | 2,10 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -3,94 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 20 | 2,40 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -1,86 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 21 | 2,70 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | -0,49 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |
| 22 | 3,00 | 0,0077 | 0,0077 | -126,63 | 0,00 | 0,0000 | 0,00000 | 0,000000 |



QUADRILATERO

Marche Umbria S.p.A.

**ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI
PENETRAZIONE INTERNA**

MAXI LOTTO 2

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 211 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 32 di 47 |
|----------------|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

ALLEGATO A: TABULATI DI CALCOLO



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

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 33 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> | | <i>A1</i> | <i>A2</i> | <i>EQU</i> | <i>HYD</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 0.90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1.40 | 1.00 | 1.10 | 1.30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1.50 | 1.30 | 1.35 | 1.00 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i> | | | <i>M1</i> | <i>M2</i> | <i>M2</i> | <i>M1</i> |
|--------------------------------------|--------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 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 uniassiale | γ_{qu} | | 1.00 | 1.60 | 1.60 | 1.00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_r | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> | | <i>A1</i> | <i>A2</i> | <i>EQU</i> | <i>HYD</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 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 | 1.00 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i> | | | <i>M1</i> | <i>M2</i> | <i>M2</i> | <i>M1</i> |
|--------------------------------------|--------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 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 uniassiale | γ_{qu} | | 1.00 | 1.60 | 1.60 | 1.00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_r | | 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

| | <i>R1</i> | <i>R2</i> | <i>R3</i> |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 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 | |

Coefficienti parziali



**ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI
PENETRAZIONE INTERNA**

MAXI LOTTO 2

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 34 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Geometria muro e fondazione


Descrizione

| | |
|--|-----------|
| Altezza del paramento | 2.50 [m] |
| Spessore in sommità | 0.50 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 0.74 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 5.60 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0.00 [°] |
| Lunghezza del muro | 10.00 [m] |

Muro a mensola in c.a.

Fondazione

| | |
|---|----------|
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 0.45 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 1.30 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 2.50 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0.00 [°] |
| Spessore fondazione | 0.60 [m] |
| Spessore magrone | 0.10 [m] |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|--|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 | | | | | | | | |
| | Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 35 di 47 | |

Materiali utilizzati per la struttura

| | |
|---|----------------|
| <i>Calcestruzzo</i> | |
| Peso specifico | 24.517 [kN/mc] |
| Classe di Resistenza | C25/30 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 30000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 31447048 [kPa] |
| <i>Acciaio</i> | |
| 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 | 9.50 | 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 | 0.30 | [m] |

Falda

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 | 23.30 | 0.0 | 0.0 |
| Ag/As | 19.00 | 20.00 | 35.00 | 23.33 | 0.0 | 0.0 |

Stratigrafia

Simbologia adottata

| N | Indice dello strato |
|----|--|
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| a | Inclinazione espressa in [°] |
| Kw | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm |



ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA

MAXI LOTTO 2

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 36 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

K_s Coefficiente di spinta
Terreno Terreno dello strato

| Nr. | H | a | Kw | Ks | Terreno |
|-----|------|------|------|------|----------|
| 1 | 3.10 | 0.00 | 0.22 | 0.43 | Rilevato |
| 2 | 5.00 | 0.00 | 5.93 | 0.50 | Ag/As |

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 (Carico stradale)

D Profilo $X_i=0.00$ $X_f=9.50$ $Q_i=20.0000$ $Q_f=20.0000$

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 | 1.40 | 1.00 | 1.40 |
| Carico stradale | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.35 | 1.00 | 1.35 |

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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

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 | 1.40 | 1.00 | 1.40 |

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 |

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 37 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

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 |

Combinazione n° 7 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 8 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 9 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 10 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 11 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 12 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.20 | 0.20 |

Combinazione n° 13 - 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° 14 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 0.50 | 0.50 |

Combinazione n° 15 - 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 |
| Carico stradale | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 38 di 47 |

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
 Armatura ad aderenza migliorata

Aggressive

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature
 Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza

metodo di Vesic

Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00


| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 39 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

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_{QLM}</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_{QLM} | CS_{STAB} |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | 1.52 | -- | 8.13 | -- |
| 2 | EQU - [1] | -- | -- | 3.29 | -- | -- |
| 3 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 1.78 |
| 4 | A1-M1 - [2] | -- | 1.75 | -- | 11.57 | -- |
| 5 | EQU - [2] | -- | -- | 3.99 | -- | -- |
| 6 | STAB - [2] | -- | -- | -- | -- | 2.32 |
| 7 | A1-M1 - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | 1.13 | -- | 4.61 | -- |
| 8 | A1-M1 - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | 1.06 | -- | 4.30 | -- |
| 9 | EQU - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | 2.25 | -- | -- |
| 10 | EQU - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | 1.95 | -- | -- |
| 11 | STAB - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | 1.53 |
| 12 | STAB - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | 1.44 |
| 13 | SLEQ - [1] | -- | 2.38 | -- | 15.82 | -- |
| 14 | SLEF - [1] | -- | 2.15 | -- | 13.43 | -- |
| 15 | SLER - [1] | -- | 1.98 | -- | 11.62 | -- |

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
|  | ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2 Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo | | | | | | | | |
| | Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 40 di 47 |

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 | 0.63 | 8.1293 | 2.5331 | 8.9168 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 11.1491 | 20.3011 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 27.3545 | 34.1406 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 52.6544 | 50.4197 |

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 | 0.22 | 1.8680 | 16.5681 |
| 3 | 0.45 | 7.4394 | 32.9194 |

Sollecitazioni fondazione di monte

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 | 0.65 | -7.5284 | -22.8627 |
| 3 | 1.30 | -29.3296 | -43.9165 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

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_f area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]



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

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 41 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------|

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Red} | V _{Rsd} |
|-----|------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0 | 1.00, 0.50 | 0.00077 | 0.00077 | 0 | 0 | 769.23 | 168.22 | -- | -- |
| 2 | 0.63 | 1.00, 0.56 | 0.00077 | 0.00077 | 1733.33 | -421.78462 | 164.02 | 185.47 | -- | -- |
| 3 | 1.25 | 1.00, 0.62 | 0.00077 | 0.00077 | 540.09 | -269.38462 | 24.16 | 202.54 | -- | -- |
| 4 | 1.88 | 1.00, 0.68 | 0.00077 | 0.00077 | 633.05 | -489.82308 | 17.91 | 240.14 | -- | -- |
| 5 | 2.5 | 1.00, 0.75 | 0.00077 | 0.00077 | 243.05 | -258.16923 | 4.90 | 236.37 | -- | -- |

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 | 0.63 | 8.1293 | 1.2215 | 4.7145 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 5.8958 | 11.8899 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 15.5289 | 21.5204 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 31.6259 | 33.5905 |

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 | 0.22 | 1.4310 | 12.6700 |
| 3 | 0.45 | 5.6788 | 25.0381 |

Sollecitazioni fondazione di monte

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 | 0.65 | -5.6202 | -16.8730 |
| 3 | 1.30 | -21.3891 | -31.2266 |



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

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 42 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

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 | 0.63 | 8.1293 | 2.5716 | 8.9442 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 11.0702 | 19.8078 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 26.6638 | 32.5860 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 50.5197 | 47.2674 |

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 | 0.22 | 2.6683 | 23.3788 |
| 3 | 0.45 | 10.3677 | 44.7215 |

Sollecitazioni fondazione di monte

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 | 0.65 | -7.8590 | -21.3494 |
| 3 | 1.30 | -24.0725 | -25.7062 |

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 | 0.63 | 8.1293 | 2.2564 | 7.9354 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 9.8093 | 17.7903 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 23.8267 | 29.5597 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 45.4759 | 43.2324 |



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

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 43 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

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 | 0.22 | 2.3696 | 20.7298 |
| 3 | 0.45 | 9.1784 | 39.4595 |

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

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 | 0.65 | -10.0209 | -28.0514 |
| 3 | 1.30 | -32.8502 | -39.4106 |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

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 | 0.63 | 8.1293 | 0.8375 | 3.3675 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 4.0658 | 8.4928 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 10.7524 | 15.3717 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 21.9641 | 23.9932 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 13

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 | 0.22 | 1.1587 | 10.3095 |
| 3 | 0.45 | 4.6439 | 20.6805 |



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

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id.doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 44 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 13

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 | 0.65 | -0.3266 | -1.0905 |
| 3 | 1.30 | -1.5289 | -2.6948 |



**ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI
PENETRAZIONE INTERNA**

MAXI LOTTO 2

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 45 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 14

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 | 0.63 | 8.1293 | 1.2747 | 4.7683 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 5.8169 | 11.2965 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 14.6942 | 19.5785 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 28.9736 | 29.6030 |

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 14

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 | 0.22 | 1.3043 | 11.6088 |
| 3 | 0.45 | 5.2307 | 23.3076 |

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

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 | 0.65 | -0.9626 | -3.0870 |
| 3 | 1.30 | -4.1758 | -6.9248 |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 15

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 | 0.63 | 8.1293 | 1.7119 | 6.1690 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 7.5680 | 14.1002 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 18.6361 | 23.7852 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 35.9830 | 35.2127 |



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

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209
"Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 46 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 15

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 | 0.22 | 1.4500 | 12.9082 |
| 3 | 0.45 | 5.8176 | 25.9347 |

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 15

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 | 0.65 | -1.5987 | -5.0836 |
| 3 | 1.30 | -6.8227 | -11.1548 |



ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA

MAXI LOTTO 2

Muro in c.a da pr. 1+258 a pr. 1+415 Bretella di collegamento con la SS209 "Valnerina" : Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera L0703 | Tratto 2 11 | Settore E | CEE 16 | WBS OM0005 | Id. doc. REL | N. progr. 01 | REV. A | Pag. di Pag. 47 di 47 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

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 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.63 | 8.1293 | 8.1293 | 1.2215 | 2.5716 | 4.7145 | 8.9442 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 17.1942 | 5.8958 | 11.1491 | 11.8899 | 20.3011 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 27.1947 | 15.5289 | 27.3545 | 21.5204 | 34.1406 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 38.1307 | 31.6259 | 52.6544 | 33.5905 | 50.4197 |

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 | 0.63 | 8.1293 | 8.1293 | 0.8375 | 1.7119 | 3.3675 | 6.1690 |
| 3 | 1.25 | 17.1942 | 17.1942 | 4.0658 | 7.5680 | 8.4928 | 14.1002 |
| 4 | 1.88 | 27.1947 | 27.1947 | 10.7524 | 18.6361 | 15.3717 | 23.7852 |
| 5 | 2.50 | 38.1307 | 38.1307 | 21.9641 | 35.9830 | 23.9932 | 35.2127 |

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

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 | 0.22 | 1.4310 | 2.6683 | 12.6700 | 23.3788 |
| 3 | 0.45 | 5.6788 | 10.3677 | 25.0381 | 44.7215 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.22 | 1.1587 | 1.4500 | 10.3095 | 12.9082 |
| 3 | 0.45 | 4.6439 | 5.8176 | 20.6805 | 25.9347 |

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 | 0.65 | -10.0209 | -5.6202 | -28.0514 | -16.8730 |
| 3 | 1.30 | -32.8502 | -21.3891 | -43.9165 | -25.7062 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | X | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|----------|---------|
| 1 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.65 | -1.5987 | -0.3266 | -5.0836 | -1.0905 |
| 3 | 1.30 | -6.8227 | -1.5289 | -11.1548 | -2.6948 |