



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

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

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p> 	<p>Il Responsabile del Contraente Generale:</p>
---	---

<p>PROGETTAZIONE:</p> <p>Partecipazioni Italia S.p.A.</p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</p>	<p>ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:</p>  <p>TECNOSTRUTTURE S.r.l. SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 - 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Querciole n. 13 - 00037 Segni (RM)</p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio Tosiani</p>
---	---

<p>VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:</p> <p>Ing. Iginio Farotti</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE:</p> <p>Ing. Vincenzo Pardo</p>	<p>IL DIRETTORE DEI LAVORI:</p> <p>Ing. Peppino Marascio</p>
---	--	--

<p>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</p> <p>3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia</p> <p>OPERE D'ARTE MINORI: OPERE DI SOSTEGNO E DRENI Muro di sottoscarpa in Sx dal Km 5+500 al Km 5+684 Relazione di calcolo</p>	<p>SCALA:</p> <p>DATA: Novembre 2021</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 O 7 0 3	2 1 3	E	1 6	M U 0 0 2 3	R E L	0 1	B

Rev.	Data	Descrizione	Redatto		Controllato	Approvato
A	Marzo 2020	Emissione P.E.	Progin	M. Perrino	S. Lieto	A. Grimaldi
B	Novem. 2021	Emissione Progetto di Dettaglio	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani	S. Lieto

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 1 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

INDICE

1. GENERALITÀ	4
2. DESCRIZIONE DELL' OPERA	4
3. UNITA' DI MISURA	7
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	8
5.1 CALCESTRUZZO PARAMENTO MURI C25/30	8
5.2 CALCESTRUZZO FONDAZIONE E PALI C32/40	8
5.3 ACCIAIO DI ARMATURA B450C	9
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	10
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	11
8. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI	13
8.1 VERIFICA SLE	13
8.1.1 Verifiche delle tensioni	13
8.1.2 Verifiche a fessurazione	14
8.2 VERIFICHE ALLO SLU	15
8.2.1 Pressoflessione	15
8.2.2 Taglio	16
9. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO	18
9.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE	18
9.1.1 Verifica allo scorrimento	18
9.1.2 Verifica a carico limite	20
9.1.3 Verifica al Ribaltamento	22
9.2 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	23
9.2.1 Richiami teorici ed impostazione delle analisi	23
9.2.2 Il metodo di BISHOP	25
9.2.3 Prescrizioni del DM 14-01-08	25
9.2.4 Stabilità di opere di materiali sciolti e fronti di scavo	25
9.2.5 Verifiche in fase sismica	26
9.3 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08	28
10. ANALISI DEI PALI	30
10.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE	30
10.2 METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI	31
10.3 CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI	32
10.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI	33
11. ANALISI DEI CARICHI	38
11.1 CARICHI FISSI	38
11.2 SOVRACCARICO EQUIVALENTE AL TERRENO A TERGO	38
11.3 SPINTE DEL TERRENO	39
11.4 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI	41

11.5	AZIONE SISMICA.....	43
11.5.1	Forze d'inerzia.....	44
11.5.2	Effetti sismici sulle spinte del terreno.....	44
11.5.3	Effetti dell'Azione sismica sulla falda.....	44

12. COMBINAZIONI DI CALCOLO 45

13. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE..... 47

13.1	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 2- H=3.0M.....	47
13.1.1	Modello di calcolo.....	47
13.1.2	Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali.....	50
13.1.2.1	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali.....</i>	<i>50</i>
13.1.2.2	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali.....</i>	<i>52</i>
13.1.2.3	Risultati verifiche dei cedimenti dei pali.....	53
13.1.2.4	<i>Verifiche di stabilità globale del muro.....</i>	<i>54</i>
13.1.3	Risultati verifiche strutturali.....	55
13.1.3.1	<i>Fondazione ed elevazione muro.....</i>	<i>55</i>
13.1.3.2	<i>Pali.....</i>	<i>58</i>
13.2	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 2- H=4.0M.....	63
13.2.1	Modello di calcolo.....	63
13.2.2	Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali.....	66
13.2.2.1	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali.....</i>	<i>66</i>
13.2.2.2	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali.....</i>	<i>68</i>
13.2.2.3	Risultati verifiche dei cedimenti dei pali.....	69
13.2.2.4	<i>Verifiche di stabilità globale del muro.....</i>	<i>70</i>
13.2.3	Risultati verifiche strutturali.....	71
13.2.3.1	<i>Fondazione ed elevazione muro.....</i>	<i>71</i>
13.2.3.2	<i>Pali.....</i>	<i>74</i>
13.3	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 2- H=5.0M.....	79
13.3.1	Modello di calcolo.....	79
13.3.2	Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali.....	82
13.3.2.1	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali.....</i>	<i>82</i>
13.3.2.2	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali.....</i>	<i>84</i>
13.3.2.3	Risultati verifiche dei cedimenti dei pali.....	85
13.3.2.4	<i>Verifiche di stabilità globale del muro.....</i>	<i>86</i>
13.3.3	Risultati verifiche strutturali.....	87
13.3.3.1	<i>Fondazione ed elevazione muro.....</i>	<i>87</i>
13.3.3.2	<i>Pali.....</i>	<i>90</i>
13.4	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 3.....	95
13.4.1	Modello di calcolo.....	95
13.4.2	Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali.....	98
13.4.2.1	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali.....</i>	<i>98</i>
13.4.2.2	<i>Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali.....</i>	<i>100</i>
13.4.2.3	Risultati verifiche dei cedimenti dei pali.....	101
13.4.2.4	<i>Verifiche di stabilità globale del muro.....</i>	<i>102</i>
13.4.3	Risultati verifiche strutturali.....	104
13.4.3.1	<i>Fondazione ed elevazione muro.....</i>	<i>104</i>
13.4.3.2	<i>Pali.....</i>	<i>107</i>

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 3 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

14. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2) 112

14.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI..... 114

ALLEGATO 1..... **116**

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 2-H=3.00M..... 116

ALLEGATO 2..... **149**

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 2-H=4.00M..... 149

ALLEGATO 3..... **182**

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 2- H=5.00 M..... 182

ALLEGATO 4..... **215**

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 3 215

1. GENERALITÀ

Nella presente relazione vengono descritte le analisi e le verifiche strutturali relative ai muri di sostegno in c.a., ai muri di sottoscarpa in c.a. ed ai muri di controripa in c.a. che interessano gli stralci funzionali 3 e 4 di completamento del tratto della Pedemontana Marche, che si sviluppa per oltre 13 km.

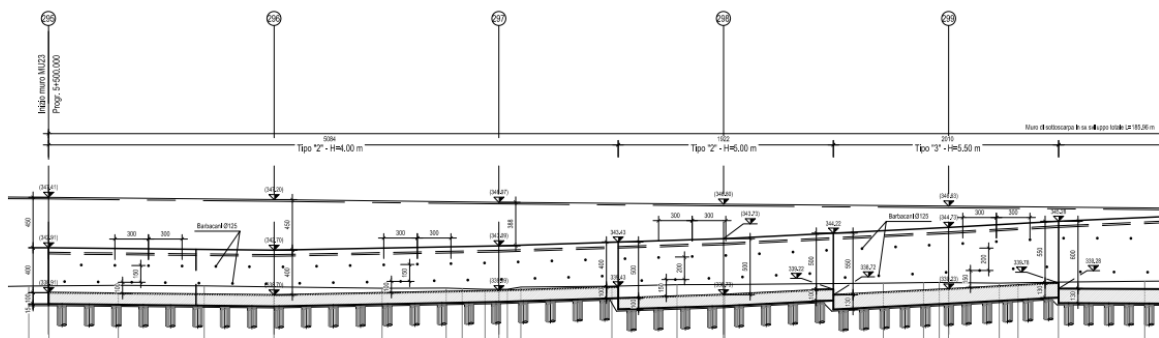
2. DESCRIZIONE DELL' OPERA

Le Analisi e Verifiche nel seguito espone fanno in particolare riferimento all' opera di sostegno MU23 situata in SX dell'asse stradale, dal km 5+500.00 al km 5+684.24, per uno sviluppo totale di 184.24 m. L'opera di sostegno è costituita da: *muri di sottoscarpa di tipo 2 e muri di sottoscarpa di tipo 3*. Le principali caratteristiche geometriche dei muri in questione sono riassunte nella tabella seguente:

Pk (km+m)		Tipo	Lunghezza opera [m]	ALTEZZA PARAMENTO	FONDAZIONE SUPERFICILAE		FONDAZIONE PROFONDA		
Inizio	Fine			Hp [m]	h [m]	Lf [m]	n.pali allineati [-]	D [mm]	L pali [m]
5+500.00	5+550.20	2	50.20	4.0	1.0	4.6	2	800	12
5+550.20	5+570.20	2	20.00	5.0	1.0	4.6	2	800	12
5+570.20	5+590.20	3	20.00	5.5	1.3	6.5	3	800	15
5+590.20	5+620.56	3	30.36	5.94÷6.50	1.3	6.5	3	800	15
5+620.56	5+640.60	2	20.04	5.0	1.0	4.6	2	800	12
5+640.60	5+660.62	2	20.02	4.0	1.0	4.6	2	800	12
5+660.62	5+684.24	2	23.62	3.0	1.0	4.6	2	800	12

Tabella 2.1 – Caratteristiche geometriche dei muri di sottoscarpa

Di seguitosi riportano alcune immagini rappresentative delle sezioni di muro presenti. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	5 di 247

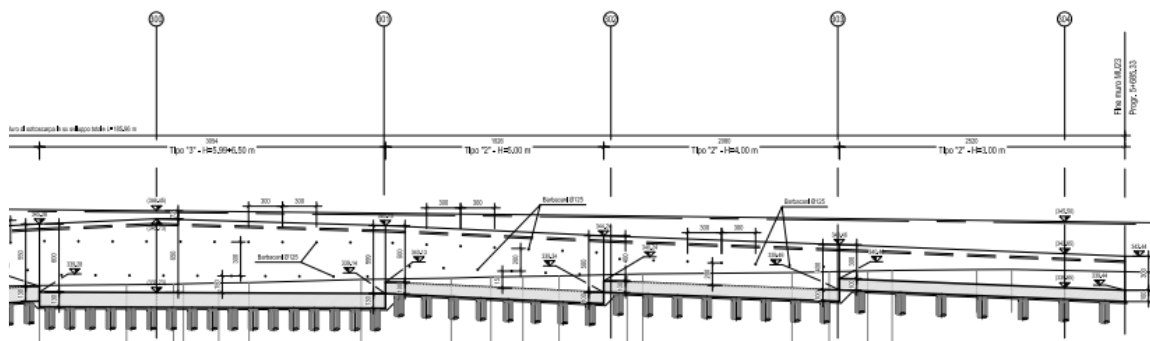


Figura 2.1 - Profilo longitudinale opera di sottoscarpa MU23

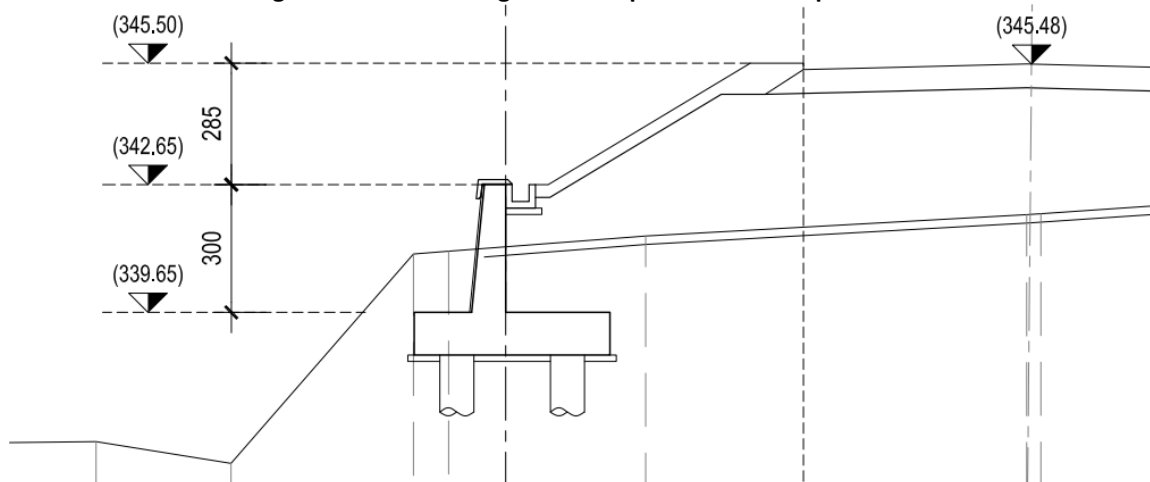


Figura 2.2 – Sezione opera di sottoscarpa di tipo 2, Hparam=3.0 m-interasse longit.le pali pari a 3.60 m

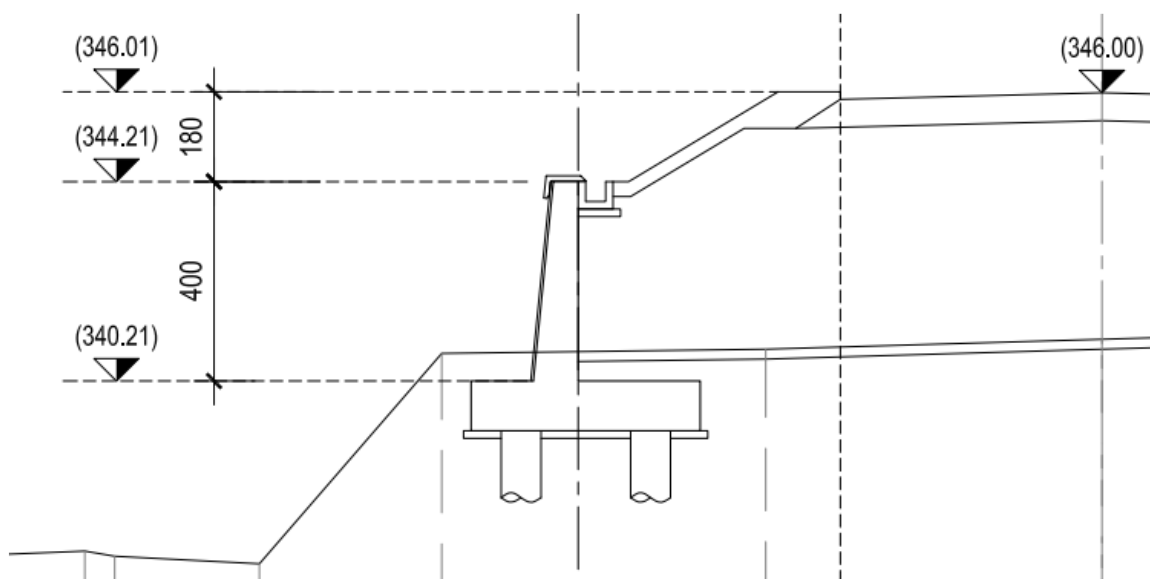


Figura 2.3 – Sezione opera di sottoscarpa di tipo 2, Hparam=4.0 m-interasse longit.le pali pari a 2.60 m

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 6 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

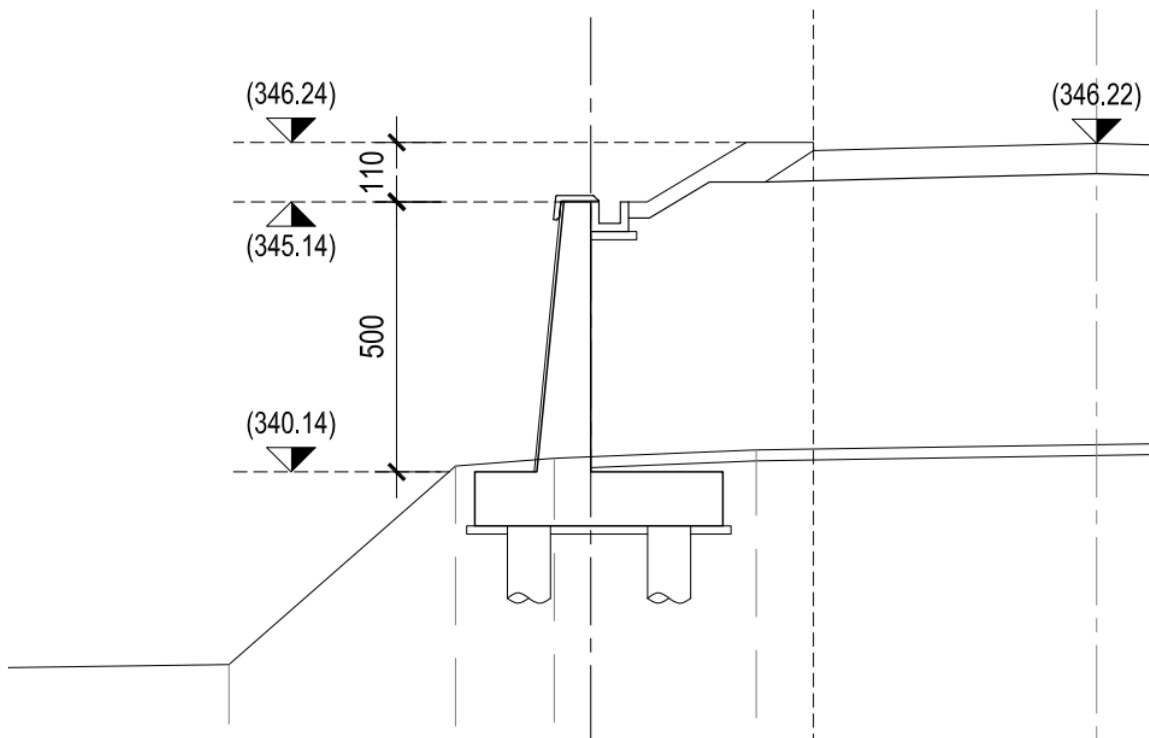


Figura 2.4 – Sezione opera di sottoscarpa di tipo 2, Hparam=5.0 m-interasse longit.le pali pari a 2.40 m

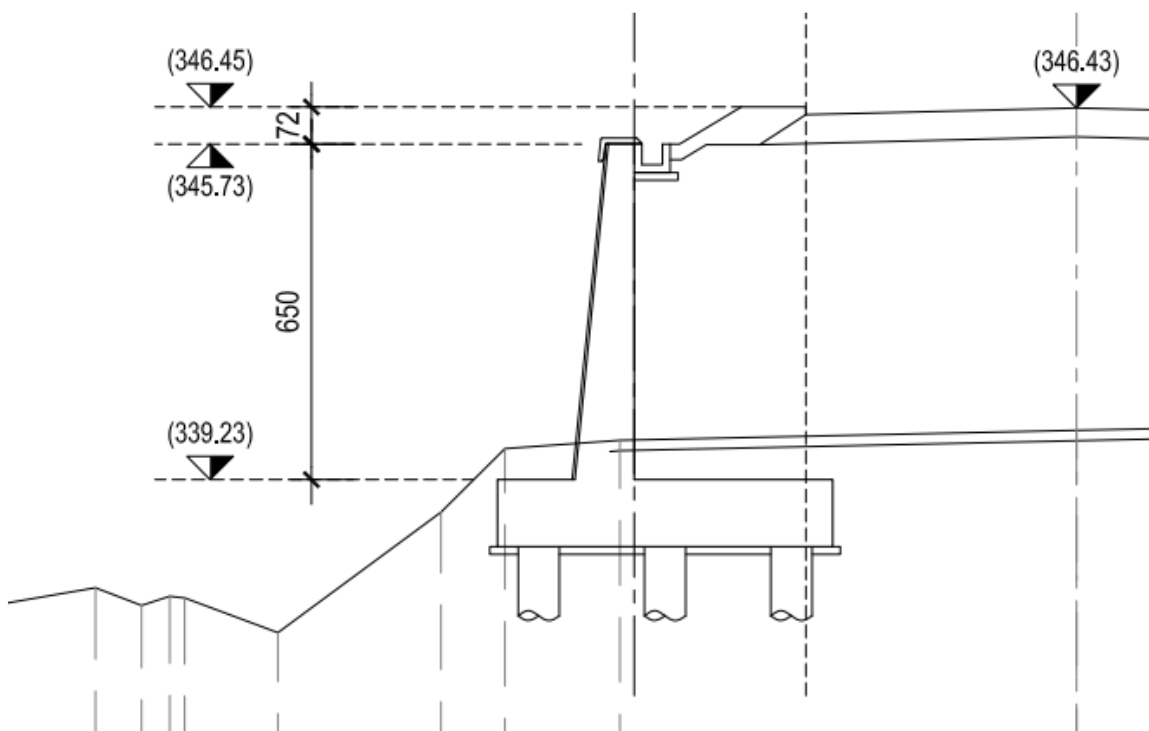


Figura 2.5 – Sezione opera di sottoscarpa di tipo 3, Hparam=6.50 m

2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 7 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

3. UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

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

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione delle strutture sono stati previsti i materiali di seguito descritti. Per i controlli si fa riferimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008

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

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

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

5.1 CALCESTRUZZO PARAMENTO MURI C25/30

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

Resistenze di progetto allo SLU

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

Resistenze di progetto allo SLE

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

5.2 CALCESTRUZZO FONDAZIONE E PALI C32/40

- $R_{ck} = 40$ MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
- $f_{ck} = 32$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40$ MPa resistenza cilindrica valore medio
- $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.02$ MPa resistenza media a trazione semplice (assiale)
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12$ MPa resistenza caratteristica a trazione
- $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 33346$ MPa modulo elastico
- $\gamma = 25.0$ kN/m³ peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 9 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

Resistenze di progetto allo SLE

- $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$
- $\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$
- $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.52 \text{ MPa}$

tensione limite in comb. caratteristica (rara)

tensione limite in comb. quasi permanente

tensione limite di fessurazione (trazione)

5.3 ACCIAIO DI ARMATURA B450C

- $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- $f_{tk} = 540 \text{ MPa}$
- $E_s = 210000 \text{ MPa}$

resistenza caratteristica di snervamento

resistenza caratteristica a rottura

modulo elastico

Resistenza di progetto allo SLU

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}; \gamma_s = 1.15$

resistenza di progetto a compressione

Resistenza di progetto allo SLE

- $\sigma_{s,r} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

tensione limite in comb. rara

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica specifica per l'opera in esame. Per dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale. Si sottolinea, comunque, che mediamente il profilo stratigrafico presenta un primo strato costituito da depositi alluvionali sabbiosi che si estendono per una profondità media di circa 10 m. Al di sotto di tale strato è presente la parte superiore alterata del substrato. Quest'ultimo è costituito substrato pelitico arenaceo.

Analizzando il profilo geologico geotecnico, con riferimento ai tratti di ubicazione dell'opera di sostegno oggetto di dimensionamento, è possibile dunque assumere cautelativamente, la seguente configurazione stratigrafica:

Tabella 6.1 – Stratigrafia di riferimento MU23

Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	Descrizione	Tipo di sottosuolo
As	0 ÷ 10	Depositi sabbiosi	C
Salt	10÷12	Substrato alterato argilloso limoso	
Pa	12-22	Substrato pelitico arenaceo	

Falda: La falda è riscontrata a profondità variabili. Nelle analisi assume cautelativamente un livello di **falda prossima ad una profondità di 1.5÷2.0 metri dal piano di posa della fondazione.**

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

Tabella 6.2 – Parametri geotecnici

	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E_{op} [MPa]
As	19.0	33	0	50
Salt	19.0	26	10	130
Pa	22.5	27	55	135

γ = peso dell'unità di volume

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

c' = coesione drenata

$E_{op} = E'_{o, min}/3$ modulo di deformazione elastico operativo

Il rinterro a tergo del muro di sostegno viene realizzato con materiale da rilevato stradale, vengono pertanto considerati i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma_{terr} = 20 \text{ kN/m}^3$$

Peso Specifico;

$$\phi = 35^\circ$$

Angolo di attrito;

$$c = 0$$

Coesione.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 11 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

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

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

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

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

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

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

- Vita nominale V_N = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso C_U = 1.5;
- Periodo di riferimento V_R = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$ = 712 anni;
- $a_{g,SLV}$ = **0.220 g**;
- $F_{0,SLV}$ = **2.544**;
- $T_{c,SLV}^*$ = **0.333 sec.**

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 12 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T^*c)

V_R [anni]	Stato Limite	PV_R -	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
75	SLO	81%	45	0.078	2.440	0.285
	SLD	63%	75	0.097	2.433	0.295
	SLV	10%	712	0.220	2.544	0.333
	SLC	5%	1462	0.277	2.584	0.343

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

Categoria di suolo	C
Categoria topografica	T1
S_s , fattore stratigrafico	1.365
S_T , fattore topografico	1.0

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 13 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

8. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

8.1 VERIFICA SLE

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

8.1.1 Verifiche delle tensioni

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

CALCESTRUZZO C32/40

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

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

CALCESTRUZZO C25/30

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

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

ACCIAIO

$$\sigma_{\text{fmax}} = (0,80 f_{\text{yk}}) = \boxed{360} \text{ MPa} \quad \begin{array}{l} \text{Combinazione di Carico} \\ \text{Caratteristica(Rara)} \end{array}$$

8.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

Risultando in particolare: :

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

Nel caso in esame si ha:

- Per le strutture di fondazione:

Condizioni Ambientali: aggressive

Armature: Poco Sensibili

- Per le strutture in elevazione:

Condizioni Ambientali: Ordinarie

Armature: Poco Sensibili

Conseguentemente dovrà risultare:

Combinazione Quasi permanente : $w \leq 0.2 \text{ mm}$

Combinazione Frequente : $w \leq 0.3 \text{ mm}$

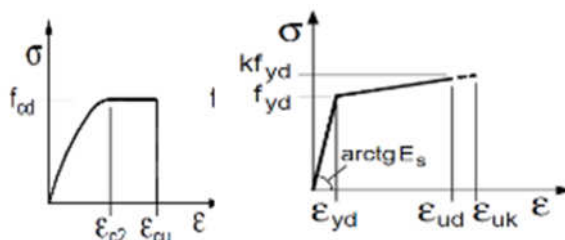
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	15 di 247

Riguardo infine il valore di calcolo dell'ampiezza delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura prevista al punto " C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.617/09.

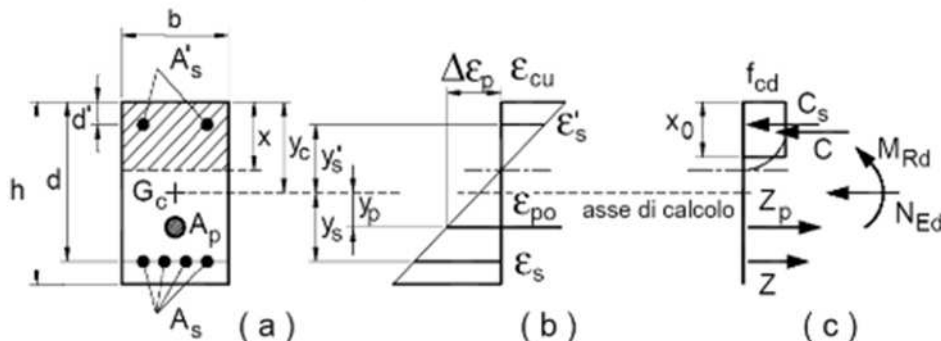
8.2 VERIFICHE ALLO SLU

8.2.1 Pressoflessione

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



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



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

=

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 16 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

8.2.2 Taglio

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essendo:

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

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

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

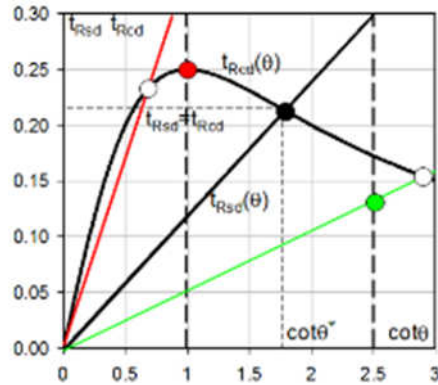
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 17 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------



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

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

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

dove

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

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

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

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

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

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

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

9. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO

9.1 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE

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

9.1.1 Verifica allo scorrimento

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

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

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_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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

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

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari $0.85 \cdot \arctan(\phi')$.

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

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

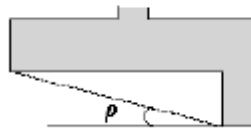
Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 19 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

$$Fr = (N - Q) \cdot \operatorname{tg}(\delta_f) + Sp + ca \cdot Lr$$

con $Lr = Br - Lc$



Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 20 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

9.1.2 Verifica a carico limite

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

$$Q_u / R \geq \eta q$$

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

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

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

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

in cui:

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

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

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

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

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

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi$$

Risulta inoltre:

Fattori di forma

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

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

$$s_q = 1 + (B/L) \tan \phi$$

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 21 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Fattori di profondità

 Si definisce il parametro k come:

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

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

I vari coefficienti si esprimono come:

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

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

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

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

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

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

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

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

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

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

$$i_\gamma = [1 - [(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ) H] / (V + A_f c_a \text{tg}\phi)]^5 \quad \text{per } \eta > 0$$

 c_a : adesione alla base delle fondazione

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

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

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

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

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 22 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Fattori di inclinazione del terreno

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

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

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

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^5$$

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

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

9.1.3 Verifica al Ribaltamento

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

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

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 23 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

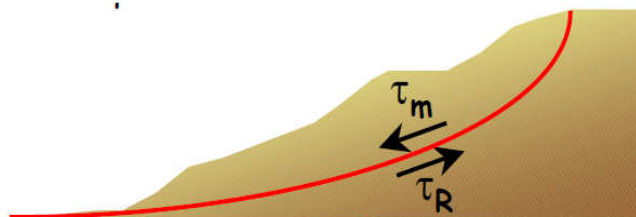
9.2 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

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

9.2.1 Richiami teorici ed impostazione delle analisi

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

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



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

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

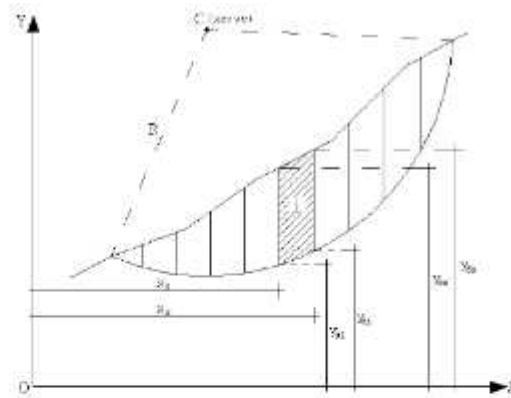
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

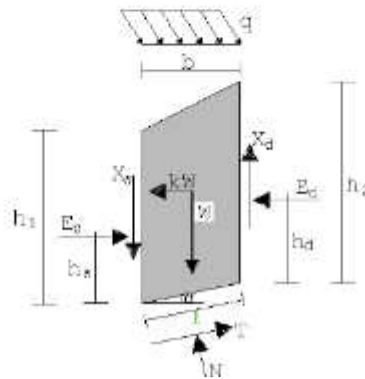
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	24 di 247



Il sistema di riferimento assunto è riportato in figura.



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

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

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 25 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

9.2.2 Il metodo di BISHOP

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

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

con

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i ed α_i sono la larghezza e l'inclinazione della basedella 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.

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

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

9.2.3 Prescrizioni del DM 14-01-08

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

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

9.2.4 Stabilità di opere di materiali sciolti e fronti di scavo

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

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 26 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_c (o γ_{c1})	EQE	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{c1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{c2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{c0}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{dk}	γ_{c0}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

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

Coefficiente	R2
γ_R	1,1

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

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

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

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

9.2.5 Verifiche in fase sismica

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

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dall'acquetà di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	27 di 247

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

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

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

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

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

7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

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

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

La circolare applicativa n617 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2: $(A_2 + M_2 + R_2)$, utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali A_2 come specificato al § 7.11.1.

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

9.3 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08

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

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

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

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

Approccio 1:

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

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 29 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_{ϕ}	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_t	1,0	1,0

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

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

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

Coefficiente	R2
γ_k	1.1

Nel caso in esame si è fatto riferimento all'approccio 2 (A1+M1+R3).

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 30 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

10. ANALISI DEI PALI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro previsti in progetto e per i pali dei muri andatori.

10.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 14/01/2008. "Norme tecniche per le costruzioni"). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} = carico assiale di compressione di progetto;

R_{cd} = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

R_k = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Combinazione 2 : A2 + M1 + R2

Approccio 2:

Combinazione 1: A1 + M1 + R3

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo.

La resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (vedasi tabella seguente) alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

Per ogni opera verrà assunto un coefficiente ξ_3 in funzione delle verticali di indagine eseguite. Nella tabella si riassumono i fattori di sicurezza assunti per ciascuna opera d'arte principale.

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vanno condotte con riferimento all'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 31 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Tabella 1 - Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Torsile (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,35	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_a	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

$$R_{c,t} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{max}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,t} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{max}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tabella 2 - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

10.2 METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{II} / FSL + Q_{I} / FSB - W'p$$

dove:

Q_{II} = portata laterale limite,

Q_{I} = portata di base limite,

$W'p$ = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato),

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale ($=\xi_3 \cdot \gamma_s$).

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b$).

10.3 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE DEI PALI

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

I parametri di calcolo della portanza dei pali vengono riportati nella seguente tabella:

Tabella 9 – Parametri per il calcolo della capacità portante dei pali

Approccio	verticali indagate	ξ_3	γ_s	γ_b	F_{SL} (compressione)	F_{SL} (trazione)	F_{SB}	Quota testa palo da p.c. [m]	falda da p.c. [m]
2 (A1+M1+R3)	2	1.65	1.15	1.35	1.90	2.06	2.2	1.0	1.0

Si riporta la stratigrafia considerata per ciascun muro, dove lo spessore è indicato in metri:

ID Muro	Strato	Spessore
MU23	As	10
	Salt	2
	Pa	20

I parametri geotecnici adottati per la valutazione della portanza dei pali di fondazione vengono illustrati nella seguente tabella:

Tabella 10 – Parametri geotecnici adottati per la portanza dei pali di fondazione

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ	N_{SPT}
As	19	-	-	33	60
Salt	19	-	10	26	18
Pa	22.5	-	55	27	20

γ = peso dell'unità di volume
 c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate
 c' = coesione drenata
 N_{SPT} = numero colpi SPT
 ϕ = angolo d'attrito

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

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 33 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

10.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI

Carico orizzontale limite

Il carico orizzontale limite H_{lim} è stato calcolato in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- Terreno omogeneo;
- Comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- La forma del palo è ininfluyente e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- Il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza p offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato nella figura seguente (a). Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a $1.5 D$ e costante con valore $9 c_u D$ per profondità maggiori.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

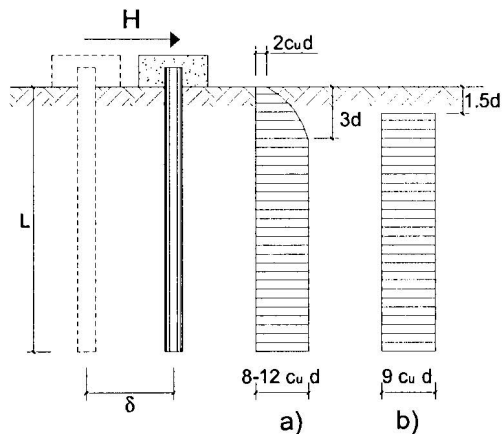
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

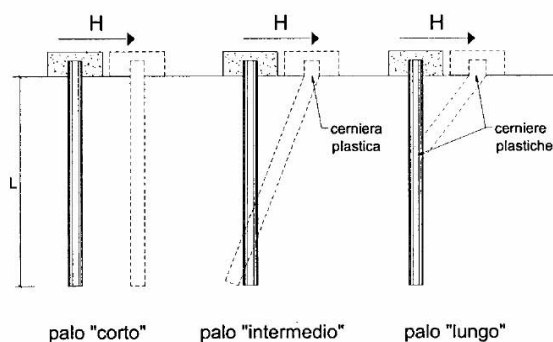
Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	34 di 247



distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".



meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a M_y , è possibile calcolare il carico limite

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 35 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

$$H \lim = 9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) \quad \text{palo corto}$$

$$H \lim = -9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u D^3} + 4.5} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \lim = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u D^3}} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento ai casi in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di $H \lim$ si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \lim = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H \lim \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 k_p \gamma z D$$

essendo:

k_p il coefficiente di spinta passiva;

z la profondità da piano campagna;

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 36 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

γ il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume γ' .

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

$$H \text{ lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H \text{ lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{My}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \text{ lim} = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{My}{k_p \gamma D^4} \right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Con riferimento ai casi in oggetto, il meccanismo di rottura è sempre quello di palo lungo.

Nel caso di palo scalzato e per il caso di palo lungo, il valore di $Hlim$ si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \text{ lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left(\frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

Carico orizzontale resistente

il cui valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli pali si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati nella tabella successiva:

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 37 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Coefficiente Parziale		
R1	R2	R3
1.0	1.6	1.3

Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza utilizzati sono: R3.

La resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,calc})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,calc})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,calc})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,calc})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Fattori di correlazione ξ

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a $\xi_3 = \xi_4 = 1.65$.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 38 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

11. ANALISI DEI CARICHI

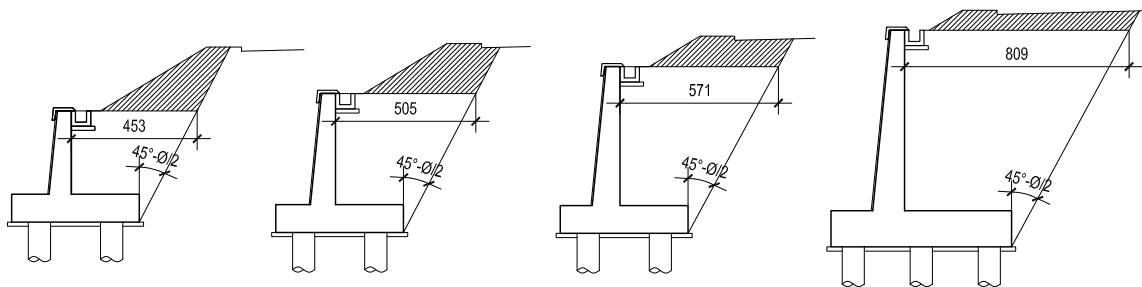
11.1 CARICHI FISSI

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

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

11.2 SOVRACCARICO EQUIVALENTE AL TERRENO A TERGO

Il terreno a tergo di ciascuna tipologia di muro di sottoscarpa (tipo1, tipo 2 e tipo3) viene considerato come un sovraccarico equivalente permanente pari al terreno che ricade all'interno del cuneo di spinta del terreno individuato dall'angolo di $(45^\circ - \phi'/2)$ rispetto alla verticale con $\phi' = 35^\circ$:



Tipo 2-H=3.00m

Tipo 2-H=4.00m

Tipo 2-H=5.00m

Tipo 3

Schemi Carico Azioni da carico equivalente terreno

Per il tipo 2-h=3.00 m: $q_{equiv} = \gamma * Area / L_{equiv} = 20 * 5.0 / 4.53 \cong 22 \text{ kN/m}$

Per il tipo 2-h=4.00 m: $q_{equiv} = \gamma * Area / L_{equiv} = 20 * 5.32 / 5.05 \cong 21 \text{ kN/m}$

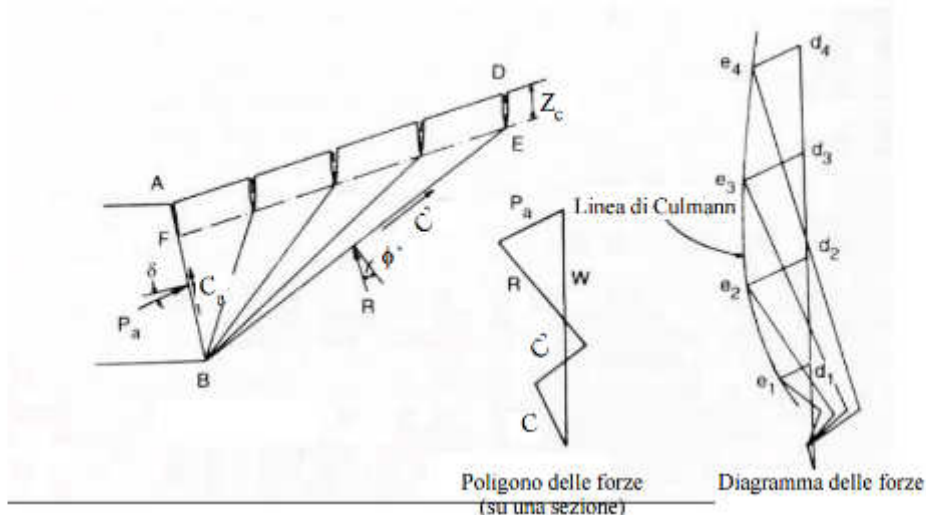
Per il tipo 2-H=5.00 m. $q_{equiv} = \gamma * Area / L_{equiv} = 20 * 4.18 / 5.71 \cong 15 \text{ kN/m}$

Per il tipo 3: $q_{equiv} = \gamma * Area / L_{equiv} = 20 * 4.85 / 8.09 \cong 15 \text{ kN/m}$

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	39 di 247

11.3 SPINTE DEL TERRENO

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



Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb.

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

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

+

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

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

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 40 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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

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

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

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

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

$$c' = 0$$

$$\varphi' = 35$$

$$\delta = 0.667\varphi' \text{ (attrito terra muro)}$$

In particolare, per i muri fondati su pali la spinta è stata valutata in condizioni di riposo, essendo lo spostamento di quest'ultimi non consentito.

11.4 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

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

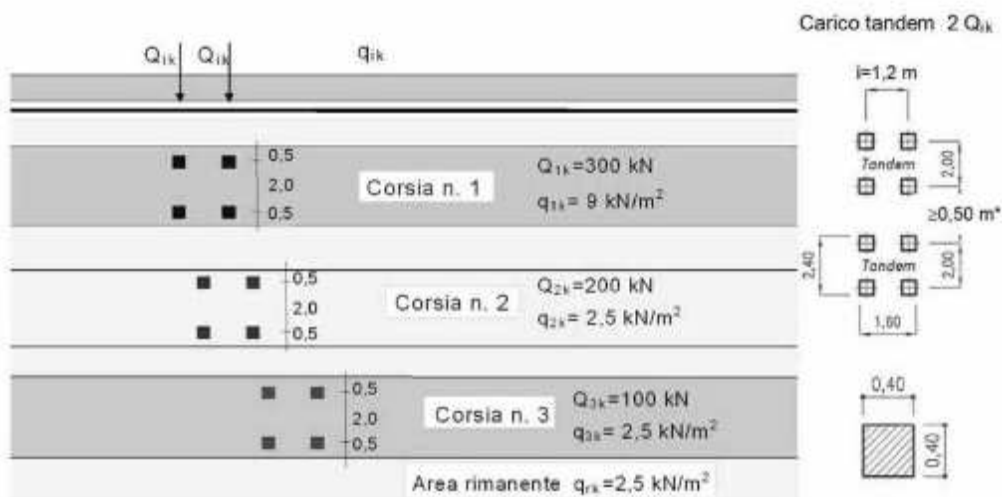


Figura 1 – Schema di carico 1

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

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

Ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati Q_{1k} , in un carico distribuiti equivalente,

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

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	42 di 247

comprendente la singola fila di pali e le due adiacenti.

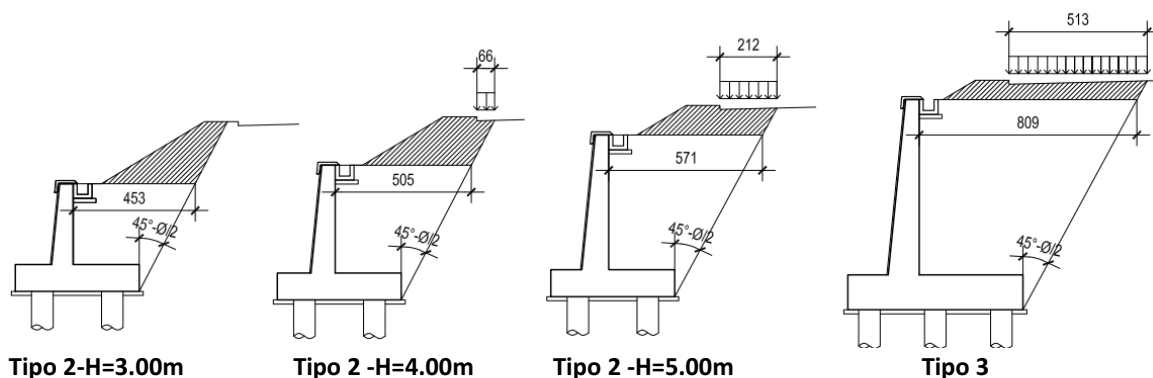
In questa ipotesi risulta dunque:

$$Q1k d = 600 / 2.40 \times 5.00 = 50 \text{ KN/m}^2$$

In aggiunta, sul lato corsia 1, va considerato un ulteriore carico distribuito di 9 KN/m^2 , pertanto il sovraccarico totale è pari a:

$$Q_{acc} = 60 \text{ kN/m}^2$$

In definitiva, nel disporre il sovraccarico a tergo dei muri di sottoscarpa si evidenzia come solo una parte oppure nessun valore di sovraccarico ricade all'interno del cuneo di spinta:



Schemi Carico Azioni da traffico Veicolare

Per il muro tipo 2-H=3.00m: $q_{acc,equiv} = 60 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$

Per il muro tipo 2-H=4.00m: $q_{acc,equiv} = 60 \cdot 0.66 / 5.05 \cong 9 \text{ kN/m}^2$

Per il muro tipo 2-H=5.00m: $q_{acc,equiv} = 60 \cdot 2.12 / 5.71 \cong 25 \text{ kN/m}^2$

Per il muro tipo 3: $q_{acc,equiv} = 60 \cdot 5.13 / 8.09 \cong 38 \text{ kN/m}^2$

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 43 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

11.5 AZIONE SISMICA

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

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

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

dove

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

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

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

Tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso dei muri su pali) un valore del coefficiente β_m pari ad 1.0. Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso all'opera e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

Nel caso in specie si ha:

- Per i muri su fondazione diretta:
 $a_g/g = 0.220$;
 $a_{max}/g = 0.30$
 $\beta_m = 0.31$;
 $k_h = 0.093$
- Per i muri su pali:
 $a_g/g = 0.220$;
 $a_{max}/g = 0.30$
 $\beta_m = 1$;
 $k_h = 0.30$

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 44 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

11.5.1 Forze d'inerzia

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

$$F_h = K_h \cdot W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma})$$

$$F_v = \pm 0.5 K_h \cdot W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma})$$

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

11.5.2 Effetti sismici sulle spinte del terreno

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

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

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

11.5.3 Effetti dell'Azione sismica sulla falda

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

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

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

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

12. COMBINAZIONI DI CALCOLO

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

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 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (SISMA-M1-R3) +

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (SISMA-M1-R3) -

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - EQU SISMA +

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - EQU SISMA -

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - SLEF

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 46 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Si sottolinea che per i muri con fondazioni profonde non sono state eseguite le combinazioni EQU, essendo esse prive di consistenza. Si riportano, pertanto, le combinazioni utilizzate nel caso di muri su fondazioni profonde:

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (SISMA-M1-R3) +

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (SISMA-M1-R3) -

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - SLEP

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 47 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

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

13.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 2- H=3.0M

13.1.1 Modello di calcolo

In figura 13.1 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche:

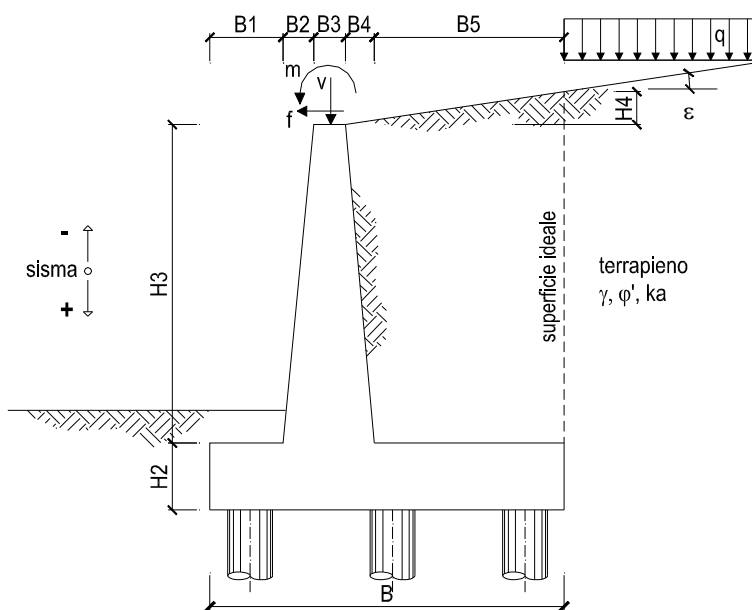


Figura 13.1 – Schema di calcolo

OPERA con Hmuro = 3.00 m

DATI DI PROGETTO:

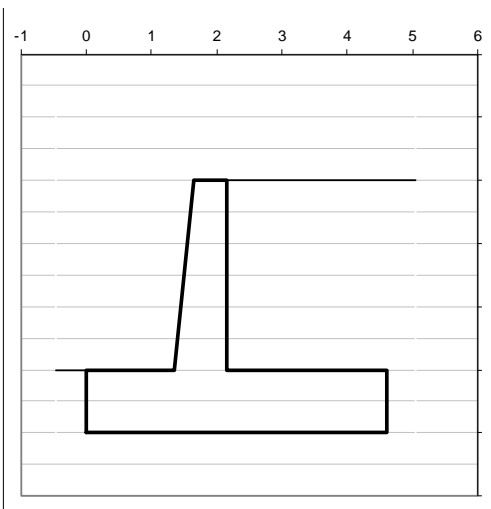
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	3.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.30	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.35	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.45	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



L'interasse longitudinale dei pali è pari a 3.60 m, mentre l'interasse trasversale è pari a 2.60 m.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 48 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Determinate le azioni trasmesse a livello del piano di fondazione, viene eseguita la risoluzione della palificata, il calcolo delle massime sollecitazioni agenti sui pali di fondazione per le combinazioni più gravose, e le successive verifiche di resistenza.

Vengono determinate le azioni trasmesse in testa ai pali e successivamente i massimi valori delle caratteristiche della sollecitazione agenti sui pali. Infine, sono riportate le verifiche di resistenza secondo il metodo degli stati limite.

Il calcolo delle azioni trasmesse dal plinto di fondazione ai pali è stato svolto nell'ipotesi di zattera di fondazione infinitamente rigida secondo la formula:

$$R_i = N/n + [(M_x)/\Sigma x_i^2] \times x_i + [(M_y)/\Sigma y_i^2] \times y_i$$

Essendo x_i e y_i le coordinate del singolo palo rispetto al baricentro della fondazione, "n" il numero totale dei pali.

Analogamente le azioni orizzontali trasmesse ai pali vengono determinate nell'ipotesi di fondazione infinitamente rigida per cui:

$$T_i = [T_x i^2 + T_y^2]^{0.5}/n$$

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità, il momento massimo viene attinto all'incastro e vale:

$$M_{p,max} = H_i \times (L_0 + H)/2$$

Essendo L_0 la lunghezza elastica del palo pari a:

$$L_0 = [4 \times E_p \times I_p / (k_s \times D)]^{0.25}$$

E_p il modulo di elasticità del palo;

I_p il momento d'inerzia del palo;

k_s costante di reazione orizzontale del terreno;

D diametro del palo.

H l'eventuale altezza non collaborante del palo di fondazione.

Per la costante di reazione orizzontale si fa riferimento alla seguente relazione proposta da Vesic:

$$k_s = E_s / (D \cdot (1 - \nu^2))$$

con:

E_s Modulo elastico terreno di fondazione

13.1.2 Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate nell'allegato 1:

13.1.2.1 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali

Per le modalità di verifica si veda il §10.3.

Carichi massimi e minimi sui pali:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	526.03	743.53		174.77	233.22
SLE_FR	526.03	743.53		174.77	233.22
SLE_QP	526.03	743.53		174.77	233.22
A1+M1+R3	586.90	738.62		239.61	319.73
SISMA+M1+R3+	1124.65	363.53		503.95	672.48
SISMA+M1+R3-	1130.25	212.86		519.99	693.88

Dall'esame delle curve di capacità portante, riportate di seguito, si ricava la lunghezza dei pali per il muro in oggetto:

L = 12.00 m

- Lunghezza pali

Nmax = 1125 kN < 1780.1kN

- Azione massima palo in compressione in sismica

Nmin = 0.0 kN

- Azione massima palo in trazione in sismica

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 51 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN COMPRESIONE

$\gamma =$	3.14	
Interasse pali =		m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.0	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	1.40	m
Quota testa pali (z=0) =	0.8	m

strato	γ (kN/m ³)	θ (°)	c_u (kPa)	N_{q^*}
1	19.0	33.0	-	66.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

$N_1 =$		1125.00	kN
$R_1(QB) =$		1.30	
$R_1(QB) =$		1.15	
$\alpha =$		1.65	
$\alpha =$		1.65	
Fattore di riduzione capacità portante		1.00	

- Il fattore di riduzione tiene conto dell'interasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN COMPRESIONE

strato	z (m)	q_0 (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	θ (°)	c_u (kPa)	c_{u^*} (kPa)	σ_{v^*} (kPa)	q_b (kPa)	Q_{bmax} (kPa)	α	β	$h^*/\tan \theta$	σ (kPa)	σ_{max} (kPa)	Q_b	q_f	Q_L	W_{palo}	QR_1	N	F_{Rn}	z (m)	
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	26.6	0.0	0.0	4000.0	0.4	-	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1125.00	0.00		0.0	
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	45.6	36.1	2736.0	4000.0	0.4	-	0.0	16.4	100.0	1375.3	41.2	41.2	3.0	636.1	1125.00	0.57	>1	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	64.6	56.1	3876.0	4000.0	0.4	-	0.0	22.8	100.0	1948.3	57.2	56.5	6.0	940.5	1125.00	0.82	>1	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	83.6	69.1	4916.0	4000.0	0.4	-	0.0	31.4	100.0	2610.6	78.9	77.4	9.0	982.1	1125.00	0.98	>1	3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	102.6	88.1	6156.0	4000.0	0.4	-	0.0	40.0	100.0	3410.6	100.7	278.1	12.1	1037.1	1125.00	0.92	>1	4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	121.6	107.1	7296.0	4000.0	0.4	-	0.0	48.7	100.0	4310.6	122.4	400.4	15.1	1088.6	1125.00	0.98	>1	5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	140.6	126.1	8436.0	4000.0	0.4	-	0.0	57.3	100.0	5310.6	144.1	544.5	18.1	1171.5	1125.00	1.04	>1	6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	159.6	145.1	9576.0	4000.0	0.4	-	0.0	66.0	100.0	6510.6	165.8	710.3	21.1	1255.9	1125.00	1.12	>1	7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	178.6	164.1	10716.0	4000.0	0.4	-	0.0	74.6	100.0	7810.6	187.5	897.8	24.1	1351.7	1125.00	1.20	>1	8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	197.6	183.1	11856.0	4000.0	0.4	-	0.0	83.2	100.0	9210.6	209.2	1107.0	27.1	1456.9	1125.00	1.30	>1	9.0
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	216.6	202.1	12996.0	4000.0	0.4	-	0.0	91.9	100.0	10710.6	230.9	1337.9	30.1	1572.6	1125.00	1.40	>1	10.0
2	11.0	11.00	19.0	9.0	26.0	-	235.6	221.1	14040.0	4000.0	0.4	-	0.3	75.5	100.0	12310.6	252.6	1527.6	33.2	1674.5	1125.00	1.49	>1	11.0
2	12.0	12.00	19.0	9.0	26.0	-	254.6	240.1	15084.0	4000.0	0.4	-	0.3	82.0	100.0	13910.6	274.3	1733.6	36.2	1780.1	1125.00	1.58	>1	12.0

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

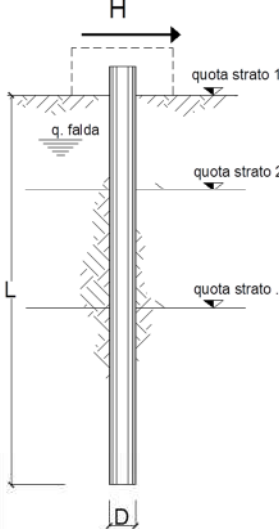
Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 52 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.1.2.2 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

Per le modalità di verifica si veda il §10.4.

COMBINAZIONE SISMICA



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	As	0.00	19	9	33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Salt	-10.00	19	9	26	2.56	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	Pa	-12.00	22.5	12.5	27	2.66	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda -1.6 (m)

Diametro del palo D 0.80 (m)

Lunghezza del palo L 12.00 (m)

Momento di plasticizzazione palo M_y 1192.00 (kNm)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo (ctrl+r)

Palo lungo H = 1381.5 (kN)

Palo intermedio H = 1797.5 (kN)

Palo corto H = 6275.6 (kN)

Hlim = 1381.5 (kN) Palo lungo

Hed = Tpal = 520.0 (kN) Hrd = 644.0 (kN) Hlim/(ξ 3*R3)

FS = Hrd/Hed = 1.24

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 53 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

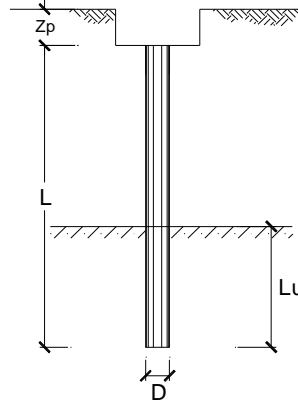
13.1.2.3 Risultati verifiche dei cedimenti dei pali

CALCOLO DEL CEDIMENTO DEL PALO

OPERA:

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)
Carico sul palo (P):	1131.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	12.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	12.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	50.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	2	(-)
Spaziatura dei pali (s):	2.6	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D): \quad 1.68 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}} = \quad 3.16 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = \quad 0.658$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = \quad 2 \quad * \quad 1.06 \quad * \quad 3.16 \quad = \quad 6.70 \quad (\text{mm})$$



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 54 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.1.2.4 Verifiche di stabilità globale del muro

Le verifiche di stabilità globale relative al muro tipo 2 vengono omesse in quanto sono maggiormente significative le medesime verifiche condotte sul muro tipo 3 che presenta un'altezza maggiore. Tali verifiche vengono condotte nel §13.4.2.4.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 55 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

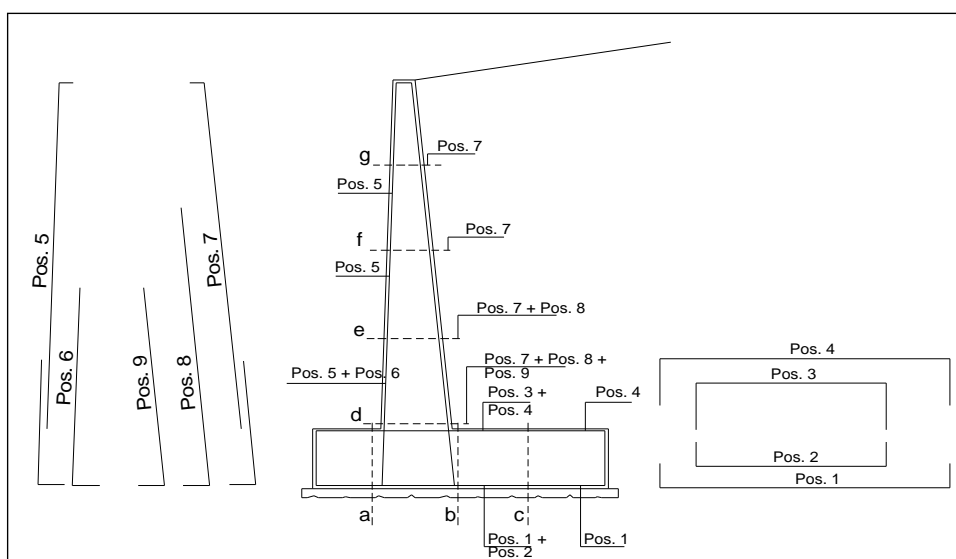
13.1.3 Risultati verifiche strutturali

Per le modalità di verifica si veda il §8.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali, nelle sezioni di calcolo riportate nello schema delle armature per ogni sezione di calcolo, in forma tabellare esplicitate nell'allegato 1:

13.1.3.1 Fondazione ed elevazione muro

SCHEMA DELLE ARMATURE



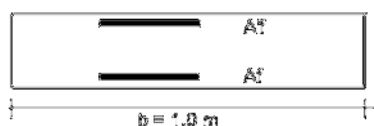
Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabella precedente per le azioni.

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-1-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-1-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	56 di 247

SLU – combinazione STATICA (stato limite ultimo presso-flessionale)

A1+M1+R3

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	34.28	0.00	129.28	1.00	15.71	15.71	558.33	0.00	264.25
b - b	-152.39	0.00	-104.63	1.00	15.71	15.71	558.33	0.00	264.25
d - d	103.95	85.25	84.57	0.80	15.71	10.05	465.91	85.25	245.88
e - e	52.03	58.12	54.84	0.73	15.71	10.05	408.65	58.12	229.98

SLU – combinazione SISMICA A1+M1+R3 (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	90.52	0.00	285.27	1.00	15.71	15.71	558.33	0.00	264.25
b - b	-278.12	0.00	192.06	1.00	15.71	15.71	558.33	0.00	264.25
d - d	190.01	72.66	133.91	0.80	15.71	10.05	461.58	72.66	245.88
e - e	89.61	49.56	82.47	0.73	15.71	10.05	406.03	49.56	229.98

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio Sez. a-a

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	1000 mm
Copri ferro asse barra	66 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	12 1□12/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.71 mm ² /mm
cotgα _c	α _c = 90.00 °
cotgθ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo VEd	285.27 kN
Vrcd	5892.34 kN
Vrsd	581.31 kN
VRd=min[Vrcd;Vrsd]	581.31 kN
	ok

Verifica a taglio Sez. b-b

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	1000 mm
Copri ferro asse barra	66 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	12 1□12/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.71 mm ² /mm
cotgα _c	α _c = 90.00 °
cotgθ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo VEd	309.80 kN
Vrcd	5892.34 kN
Vrsd	581.31 kN
VRd=min[Vrcd;Vrsd]	581.31 kN
	ok

Verifica a taglio Sez. d-d

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	800 mm
Copri ferro asse barra	66 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	12 1□12/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.71 mm ² /mm
cotgα _c	α _c = 90.00 °
cotgθ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo VEd	84.57 kN
Vrcd	4622.44 kN
Vrsd	456.83 kN
VRd=min[Vrcd;Vrsd]	456.83 kN
	ok

Verifica a taglio sez. e-e

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	800 mm
Copri ferro asse barra	66 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	12 1□12/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.71 mm ² /mm
cotgα _c	α _c = 90.00 °
cotgθ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo VEd	84.57 kN
Vrcd	4622.44 kN
Vrsd	456.83 kN
VRd=min[Vrcd;Vrsd]	456.83 kN
	ok

VRd = [0,18 * k * (100 * ρ_p * f_{yk})^{1/3} * ρ_c + 0,15 * α_{cp}] * b * w² * d = 229.98 kN

VEd = 54.84 kN ok

con:

K = 1 + (200/d)^{1/2} = 1.551 ≤ 2

Rck = 30 N/mm²

γ_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,337 N/mm²

f_{ck} = 0,83 * Rck = 24,9 N/mm²

f_{cd} = α_{cc} * f_{ck} / γ_c = 14,11 N/mm²

ρ₁ = A_{sl} / (b * w * d) = 0,00238 ≤ 0,02

copri ferro = 66 mm

d = 659 mm

H = 725 mm

bw = 1000 mm

A_{sl} = 1571 mm²

N_{sd} = 58.12 kN

α_{cp} = N_{sd} / AC = 0,080 N/mm² ≤ 0,2 * f_{cd}

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 57 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

SLE – combinazione RARA (stato limite ultimo di esercizio: stato tensionale)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	28.36	0.00	1.00	15.71	15.71	0.32	20.64
b - b	-112.32	0.00	1.00	15.71	15.71	1.26	81.76
d - d	74.00	75.11	0.80	15.71	10.05	1.28	47.23
e - e	36.67	51.37	0.73	7.85	10.05	0.96	44.03

SLE – combinazione FREQUENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	28.36	0.00	1.00	15.71	15.71	0.32	20.64	0.028	0.300
b - b	-112.32	0.00	1.00	15.71	15.71	1.26	81.76	0.112	0.300
d - d	74.00	75.11	0.80	15.71	10.05	1.28	47.23	0.060	0.300
e - e	36.67	51.37	0.73	15.71	10.05	0.75	23.47	0.028	0.300

SLE – combinazione QUASI PERMANENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	28.36	0.00	1.00	15.71	15.71	0.32	20.64	0.028	0.200
b - b	-112.32	0.00	1.00	15.71	15.71	1.26	81.76	0.112	0.200
d - d	74.00	75.11	0.80	15.71	10.05	1.28	47.23	0.060	0.200
e - e	36.67	51.37	0.73	31.42	10.05	0.61	12.68	0.012	0.200

2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 58 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.1.3.2 Pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali dei pali.

Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabelle precedente per le azioni.

Le sollecitazioni di verifica sono riportate nelle tabelle seguenti:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	526.03	743.53		174.77	233.22
SLE_FR	526.03	743.53		174.77	233.22
SLE_QP	526.03	743.53		174.77	233.22
A1+M1+R3	586.90	738.62		239.61	319.73
SISMA+M1+R3+	1124.65	363.53		503.95	672.48
SISMA+M1+R3-	1130.25	212.86		519.99	693.88

Caratteristiche geometriche della sezione

ϕ	800 cm
Armatura 1° strato Aa	20 ϕ 24 = 90.5 cm ²
Copriferro 1° strato Aa	8.60cm
Armatura a taglio	1 ϕ 14/20 = 15.4 cm ² /m
Copriferro armatura a taglio	6cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

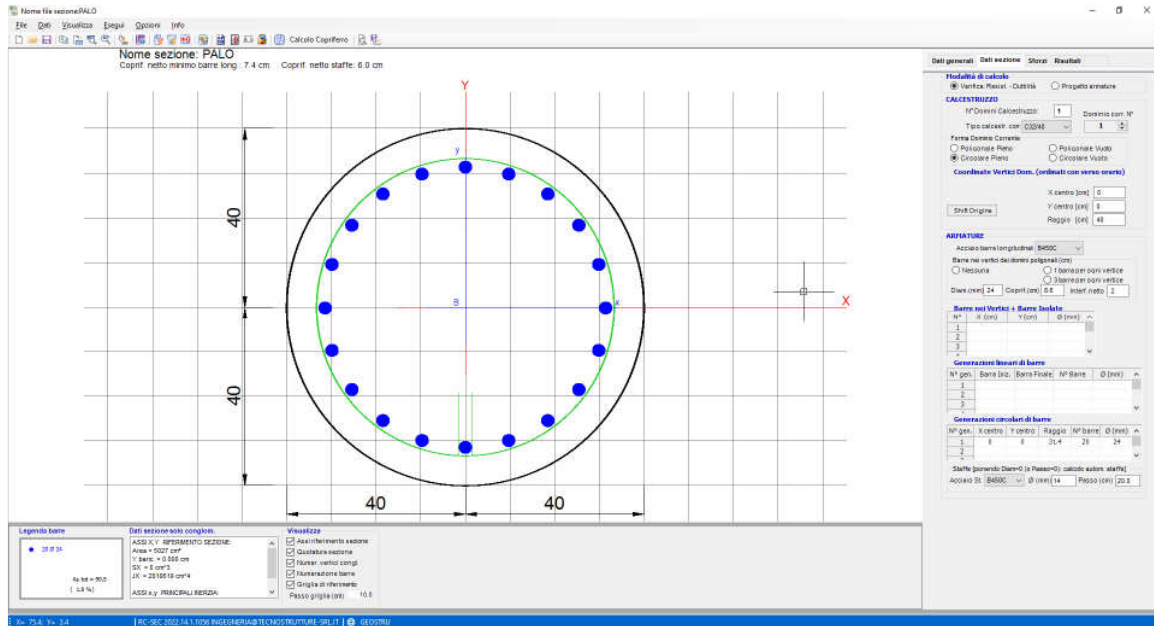
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	59 di 247

Verifiche agli stati limite per presso-flessione

Di seguito si riporta il tabulato delle verifiche del palo da cui si evince che le verifiche sono soddisfatte:



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: PALO

Descrizione Sezione:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica di Pilastro
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Tipo di sollecitazione:	Assi x, y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscampa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 60 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C32/40

Raggio circ.: 40.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N° Barre	Ø
1	0.0	0.0	31.4	20	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	1130.25	693.88	519.99
2	212.86	693.88	519.99

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	526.03	233.22	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	526.03	233.22 (272.07)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	526.03	233.22 (272.07)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriero netto minimo barre longitudinali:

7.4 cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpia in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	61 di 247

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1130.25	693.88	1130.38	1172.28	1.69	90.5(15.1)
2	S	212.86	693.88	212.59	1016.91	1.47	90.5(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Ys max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	40.0	0.00239	0.0	31.4	-0.00568	0.0	-31.4
2	0.00350	0.0	40.0	0.00215	0.0	31.4	-0.00769	0.0	-31.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000128536	-0.001641441	----	----
2	0.000000000	0.000156721	-0.002768826	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	519.99	1343.73	776.31	60.2 51.6	71.8	2.500	1.120	10.3	15.4(0.0)
2	S	519.99	1246.47	815.26	62.7 54.1	69.5	2.500	1.023	9.8	15.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpia in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	62 di 247

Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.58	0.0	0.0	-72.4	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k3 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 wk Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
 My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0.00000	0.500	24.0	74	0.00022 (0.00022)	4230.092 (990.00)		272.07	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.58	0.0	0.0	-72.4	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0.00000	0.500	24.0	74	0.00022 (0.00022)	4230.092 (0.30)		272.07	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.58	0.0	0.0	-72.4	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00046	0.00000	0.500	24.0	74	0.00022 (0.00022)	4230.092 (0.20)		272.07	0.00

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	63 di 247

13.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 2- H=4.0M

13.2.1 Modello di calcolo

In figura 13.2 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche:

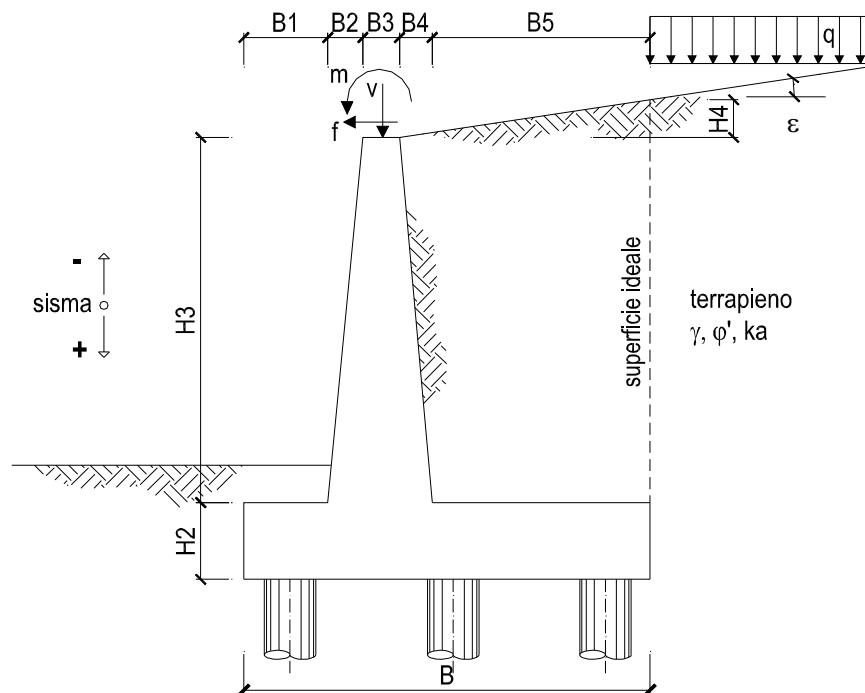


Figura 13.2 – Schema di calcolo

OPERA con Hmuro = 4.00 m

DATI DI PROGETTO:

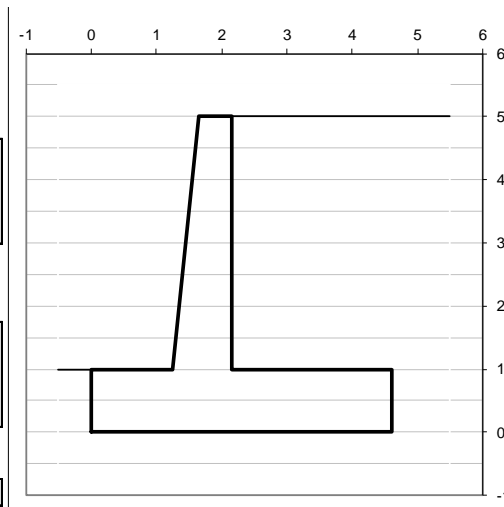
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	4.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.40	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.25	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.45	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



L'interasse longitudinale dei pali è pari a 2.60 m, mentre l'interasse trasversale è pari a 2.60 m.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	64 di 247

Determinate le azioni trasmesse a livello del piano di fondazione, viene eseguita la risoluzione della palificata, il calcolo delle massime sollecitazioni agenti sui pali di fondazione per le combinazioni più gravose, e le successive verifiche di resistenza.

Vengono determinate le azioni trasmesse in testa ai pali e successivamente i massimi valori delle caratteristiche della sollecitazione agenti sui pali. Infine, sono riportate le verifiche di resistenza secondo il metodo degli stati limite.

Il calcolo delle azioni trasmesse dal plinto di fondazione ai pali è stato svolto nell'ipotesi di zattera di fondazione infinitamente rigida secondo la formula:

$$R_i = N/n + [(M_x)/\sum x_i^2] \times x_i + [(M_y)/\sum y_i^2] \times y_i$$

Essendo x_i e y_i le coordinate del singolo palo rispetto al baricentro della fondazione, "n" il numero totale dei pali.

Analogamente le azioni orizzontali trasmesse ai pali vengono determinate nell'ipotesi di fondazione infinitamente rigida per cui:

$$T_i = [T_x i^2 + T_y^2]^{0.5}/n$$

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità, il momento massimo viene attinto all'incastro e vale:

$$M_{p,max} = H_i \times (L_0 + H)/2$$

Essendo L_0 la lunghezza elastica del palo pari a:

$$L_0 = [4 \times E_p \times I_p / (k_s \times D)]^{0.25}$$

E_p	il modulo di elasticità del palo;
I_p	il momento d'inerzia del palo;
k_s	costante di reazione orizzontale del terreno;
D	diametro del palo.

H l'eventuale altezza non collaborante del palo di fondazione.

Per la costante di reazione orizzontale si fa riferimento alla seguente relazione proposta da Vesic:

$$k_s = E_s / (D \cdot (1 - \nu^2))$$

con:

E_s Modulo elastico terreno di fondazione

13.2.2 Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate nell'allegato 2:

13.2.2.1 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali

Per le modalità di verifica si veda il §10.3.

Carichi massimi e minimi sui pali:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	562.62	603.71		203.59	271.67
SLE_FR	553.51	607.88		197.86	264.03
SLE_QP	526.18	620.38		180.68	241.11
A1+M1+R3	659.63	572.61		279.93	373.55
SISMA+M1+R3+	1268.46	111.10		510.70	681.49
SISMA+M1+R3-	1277.21	-38.75		524.52	699.93

Dall'esame delle curve di capacità portante, riportate di seguito, si ricava la lunghezza dei pali per il muro in oggetto:

$L = 12.00$ m

- Lunghezza pali

$N_{max} = 1277.21$ kN < 1780.1kN

- Azione massima palo in compressione in sismica

$N_{min} = -38.75$ kN > -564.2 kN

- Azione massima palo in trazione in sismica

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 67 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN COMPRESSIONE

γ =	3.14	
Interrasse pali =		m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.0	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	1.40	m
Quota testa pali (z=0) =	0.8	m

strato	γ (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	Nq*
1	19.0	33.0	-	66.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

N _l =		1278.00	kN
R1 (QR) _l =		1.35	
R1 (QL) _l =		1.15	
γ _l =		1.65	
γ _u =		1.65	
Fattore di riduzione capacità portante		1.00	

Il fattore di riduzione tiene conto dell'interrasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN COMPRESSIONE

strato	z (m)	Δh(m)	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	c _u (kPa)	c _v (kPa) a Δh/2	q _b (kPa)	Q _{bmax} (kPa)	α	β	k ₁ tan ^φ	γ (kPa)	γ _{max} (kPa)	Q _b	γ _f	Q _L	V _{palo}	QR _l	N _l	F _{Red}	z (m)
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	26.6	0.0	0.0	4000.0	0.4	-	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1278.00	0.00	0.0
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	45.6	36.1	2736.0	4000.0	0.4	-	0.0	16.4	100.0	1375.3	41.2	41.2	3.0	636.1	1278.00	0.50	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	64.6	56.1	3876.0	4000.0	0.4	-	0.0	32.8	100.0	1948.3	82.4	82.4	6.0	940.5	1278.00	0.72	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	83.6	66.1	6016.0	4000.0	0.4	-	0.0	49.2	100.0	2616.6	123.6	123.6	9.0	1244.9	1278.00	0.77	3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	102.6	86.1	8156.0	4000.0	0.4	-	0.0	66.0	100.0	3285.0	164.8	164.8	12.0	1549.3	1278.00	0.81	4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	121.6	107.1	10296.0	4000.0	0.4	-	0.0	82.8	100.0	3953.4	206.0	206.0	15.0	1853.7	1278.00	0.86	5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	140.6	126.1	12436.0	4000.0	0.4	-	0.0	99.6	100.0	4621.8	247.2	247.2	18.0	2158.1	1278.00	0.92	6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	159.6	145.1	14576.0	4000.0	0.4	-	0.0	116.4	100.0	5290.2	288.4	288.4	21.0	2462.5	1278.00	0.98	7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	178.6	164.1	16716.0	4000.0	0.4	-	0.0	133.2	100.0	5958.6	329.6	329.6	24.0	2766.9	1278.00	1.06	8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	197.6	183.1	18856.0	4000.0	0.4	-	0.0	150.0	100.0	6627.0	370.8	370.8	27.0	3071.3	1278.00	1.14	>1 9.0
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	216.6	202.1	20996.0	4000.0	0.4	-	0.0	166.8	100.0	7295.4	412.0	412.0	30.0	3375.7	1278.00	1.23	>1 10.0
2	11.0	1.00	19.0	9.0	26.0	-	235.6	221.1	4240.8	4000.0	0.4	-	0.3	75.5	100.0	2010.6	189.7	1527.6	33.2	1674.5	1278.00	1.31	>1 11.0
2	12.0	1.00	19.0	9.0	26.0	-	254.6	240.1	4582.8	4000.0	0.4	-	0.3	82.0	100.0	2010.6	206.0	1733.6	36.2	1780.1	1278.00	1.39	>1 12.0

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN TRAZIONE

γ =	3.142	
Interrasse pali =		m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.0	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	1.40	m
Quota testa pali (z=0) =	0.8	m

strato	γ (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	Nq*
1	19.0	33.0	-	66.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

N _l =		-38.75	kN
R1 (QL) _l =		1.25	
γ _l =		1.65	
γ _u =		1.65	
Fattore di riduzione capacità portante		1.00	

Il fattore di riduzione tiene conto dell'interrasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN TRAZIONE

strato	z (m)	Δh(m)	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	c _u (kPa)	c _v (kPa) a Δh/2	q _b (kPa)	Q _{bmax} (kPa)	α	β	k ₁ tan ^φ	γ (kPa)	γ _{max} (kPa)	Q _b	γ _f	Q _L	V _{palo}	QR _l	N _l	F _{Red}	z (m)
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	26.6	0.0	0.0	5800.0	0.4	-	0.0	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	-38.75	0.00	0.0
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	45.6	36.1	2736.0	5800.0	0.4	-	0.0	11.7	150.0	0.0	29.5	29.5	3.0	11.3	-38.75	0.29	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	64.6	56.1	3876.0	5800.0	0.4	-	0.0	23.4	150.0	0.0	40.9	40.9	6.0	28.1	-38.75	0.72	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	83.6	66.1	5016.0	5800.0	0.4	-	0.0	35.1	150.0	0.0	56.4	56.4	9.0	52.4	-38.75	1.36	>1 3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	102.6	86.1	6156.0	5800.0	0.4	-	0.0	46.3	150.0	0.0	71.9	71.9	12.0	84.2	-38.75	2.17	>1 4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	121.6	107.1	7296.0	5800.0	0.4	-	0.0	57.2	150.0	0.0	87.4	87.4	15.0	120.6	-38.75	3.19	>1 5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	140.6	126.1	8436.0	5800.0	0.4	-	0.0	68.1	150.0	0.0	102.9	102.9	18.0	170.5	-38.75	4.40	>1 6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	159.6	145.1	9576.0	5800.0	0.4	-	0.0	79.0	150.0	0.0	118.4	118.4	21.0	224.9	-38.75	5.80	>1 7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	178.6	164.1	10716.0	5800.0	0.4	-	0.0	89.9	150.0	0.0	133.9	133.9	24.0	286.8	-38.75	7.40	>1 8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	197.6	183.1	11856.0	5800.0	0.4	-	0.0	100.8	150.0	0.0	149.4	149.4	27.0	356.2	-38.75	9.19	>1 9.0
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	216.6	202.1	12996.0	5800.0	0.4	-	0.0	111.7	150.0	0.0	164.9	164.9	30.0	433.2	-38.75	11.10	>1 10.0
2	11.0	1.00	19.0	9.0	26.0	-	235.6	221.1	4240.8	5800.0	0.4	-	0.2	53.9	150.0	0.0	150.5	1095.1	33.2	495.9	-38.75	12.80	>1 11.0
2	12.0	1.00	19.0	9.0	26.0	-	254.6	240.1	4582.8	4000.0	0.4	-	0.2	58.5	150.0	0.0	147.2	1238.3	36.2	564.2	-38.75	14.56	>1 12.0

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

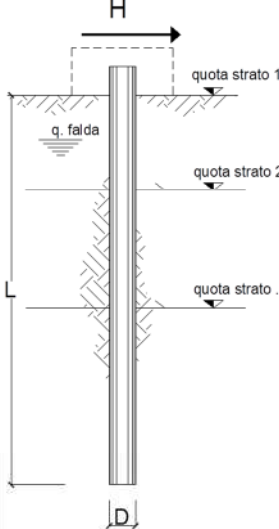
Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 68 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.2.2.2 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

Per le modalità di verifica si veda il §10.4.

COMBINAZIONE SISMICA



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	As	0.00	19	9	33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Salt	-10.00	19	9	26	2.56	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	Pa	-12.00	22.5	12.5	27	2.66	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda -1.6 (m)

Diametro del palo D 0.80 (m)

Lunghezza del palo L 12.00 (m)

Momento di plasticizzazione palo M_y 1192.00 (kNm)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo (cetri+r)

Palo lungo H = 1381.5 (kN)

Palo intermedio H = 1797.5 (kN)

Palo corto H = 6275.6 (kN)

Hlim = 1381.5 (kN) Palo lungo

Hed = Tpal = 525.0 (kN) Hrd = 644.0 (kN) Hlim/(ξ 3*R3)

FS = Hrd/Hed = 1.23

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 69 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

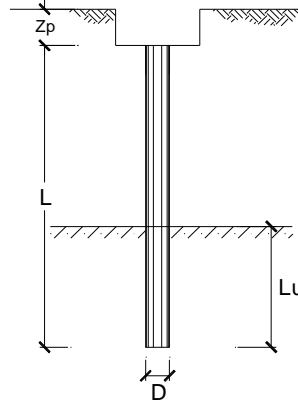
13.2.2.3 Risultati verifiche dei cedimenti dei pali

CALCOLO DEL CEDIMENTO DEL PALO

OPERA:

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)
Carico sul palo (P):	1278.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	12.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	12.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	50.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	2	(-)
Spaziatura dei pali (s):	2.6	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.68 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = \quad 3.57 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = \quad 0.658$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = \quad 2 \quad \cdot \quad 1.06 \quad \cdot \quad 3.57 \quad = \quad 7.57 \quad (\text{mm})$$



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 70 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.2.2.4 Verifiche di stabilità globale del muro

Le verifiche di stabilità globale relative al muro tipo 2 vengono omesse in quanto sono maggiormente significative le medesime verifiche condotte sul muro tipo 3 che presenta un'altezza maggiore. Tali verifiche vengono condotte nel §13.4.2.4.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 71 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

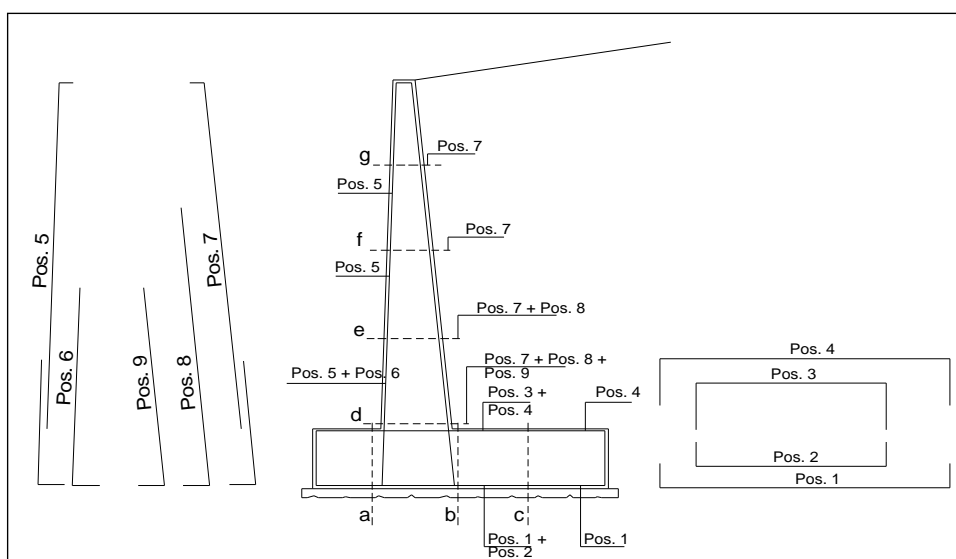
13.2.3 Risultati verifiche strutturali

Per le modalità di verifica si veda il §8.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali, nelle sezioni di calcolo riportate nello schema delle armature per ogni sezione di calcolo, in forma tabellare esplicitate nell'allegato 2:

13.2.3.1 Fondazione ed elevazione muro

SCHEMA DELLE ARMATURE



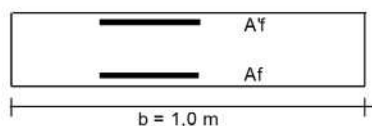
Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabella precedente per le azioni.

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4

d-d pos 5-7-11-10-8
e-e pos 5-7-11-10-8
f-f pos 5-10-8
g-g pos 5-8

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	72 di 247

SLU – combinazione STATICA (stato limite ultimo presso-flessionale)

A1+M1+R3

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	43.89	0.00	222.45	1.00	15.71	22.62	557.39	0.00	263.97
b - b	-295.52	0.00	-188.75	1.00	22.62	15.71	793.55	0.00	298.08
d - d	249.53	135.56	151.91	0.90	22.62	15.71	757.76	135.56	300.27
e - e	125.09	91.33	98.66	0.80	22.62	15.71	647.97	91.33	276.59

SLU – combinazione SISMICA A1+M1+R3 (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	106.21	0.00	464.68	1.00	15.71	22.62	557.39	0.00	263.97
b - b	-491.59	0.00	331.07	1.00	22.62	15.71	793.55	0.00	298.08
d - d	406.52	107.71	219.50	0.90	22.62	15.71	747.04	107.71	300.27
e - e	187.72	72.01	132.69	0.80	22.62	15.71	641.49	72.01	276.59

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio Sez. a-a

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	1000 mm
Copriferro asse barra	68 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	14 1 □ 14/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.96 mm ² /mm
cotg _α	α = 90.00 °
cotg _θ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}	464.68 kN
V _{rzd}	5873.29 kN
V _{rzd}	789.53 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]	ok 789.53 kN

Verifica a taglio Sez. b-b

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	1000 mm
Copriferro asse barra	68 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	14 1 □ 14/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.96 mm ² /mm
cotg _α	α = 90.00 °
cotg _θ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}	408.99 kN
V _{rzd}	5873.29 kN
V _{rzd}	789.53 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]	ok 789.53 kN

Verifica a taglio Sez. d-d

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo	Acciaio
Rck = 30	fywk = 450
fck = 24.90	fywd = 391.3
fcd = 14.11	
fctd = 1.19	
Sezione da verificare	
Altezza trave	900 mm
Copriferro asse barra	68 mm
Larghezza netta resistente a taglio	1000 mm
Diametro spille	12 1 □ 12/40X40
Bracci	2.5
Interasse	400 mm
Area staffe al millimetro	0.71 mm ² /mm
cotg _α	α = 90.00 °
cotg _θ	θ = 21.80 °
Verifiche allo s.l.u. per taglio	
	VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}	151.91 kN
V _{rzd}	5244.69 kN
V _{rzd}	517.83 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]	ok 517.83 kN

Verifica a taglio sez. e-e

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
Elementi senza armatura trasversale a taglio	
- Verifica del conglomerato	
VRd = [0,18*k*(100*ρ ^{1/3} *f _{ctd}) ^{2/3} + γ _c *0,15*σ _{csp}]*bw*d =	276.59 kN
V _{Ed} =	98.66 kN ok
con:	
K = 1 + (200/d) ^{1/2} =	1.523 ≤ 2
Rck =	30 N/mm ²
ν _{min} = 0,035*k ^{3/2} *f _{ck} ^{1/2} =	0.328 N/mm ²
f _{ck} = 0,83*Rck =	24.9 N/mm ²
f _{cd} = α _{cc} *f _{ck} /γ _c =	14.11 N/mm ²
ρ ₁ = A _{sl} /(bw*d) =	0.00309 ≤ 0,02
copriferro =	68 mm
d =	732 mm
H =	800 mm
bw =	1000 mm
A _{sl} =	2262 mm ²
N _{c,d} =	91.33 kN
σ _{csp} = N _{c,d} /A _c =	0.114 N/mm ² ≤ 0,2*f _{cd}

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 73 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

SLE – combinazione RARA (stato limite ultimo di esercizio: stato tensionale)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	34.57	0.00	1.00	15.71	22.62	0.38	25.20
b - b	-216.07	0.00	1.00	22.62	15.71	2.10	110.66
d - d	177.49	117.31	0.90	22.62	15.71	2.14	78.65
e - e	88.09	79.17	0.80	11.31	15.71	1.68	80.38

SLE – combinazione FREQUENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	33.69	0.00	1.00	15.71	22.62	0.37	24.57	0.034	0.300
b - b	-209.09	0.00	1.00	22.62	15.71	2.03	107.08	0.144	0.300
d - d	170.44	115.79	0.90	22.62	15.71	2.06	74.91	0.094	0.300
e - e	84.13	78.03	0.80	22.62	15.71	1.25	39.77	0.047	0.300

SLE – combinazione QUASI PERMANENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	31.06	0.00	1.00	15.71	22.62	0.34	22.65	0.032	0.200
b - b	-188.15	0.00	1.00	22.62	15.71	1.83	96.36	0.130	0.200
d - d	177.49	117.31	0.90	22.62	15.71	2.14	78.65	0.099	0.200
e - e	88.09	79.17	0.80	45.24	15.71	1.06	22.36	0.022	0.200

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 74 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.2.3.2 Pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali dei pali.

Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabelle precedente per le azioni.

Le sollecitazioni di verifica sono riportate nelle tabelle seguenti:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	562.62	603.71		203.59	271.67
SLE_FR	553.51	607.88		197.86	264.03
SLE_QP	526.18	620.38		180.68	241.11
A1+M1+R3	659.63	572.61		279.93	373.55
SISMA+M1+R3+	1268.46	111.10		510.70	681.49
SISMA+M1+R3-	1277.21	-38.75		524.52	699.93

Caratteristiche geometriche della sezione

ϕ	800 cm
Armatura 1° strato Aa	20 ϕ 24 = 90.5 cm ²
Copriferro 1° strato Aa	8.60cm
Armatura a taglio	1 ϕ 14/20 = 15.4 cm ² /m
Copriferro armatura a taglio	6cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

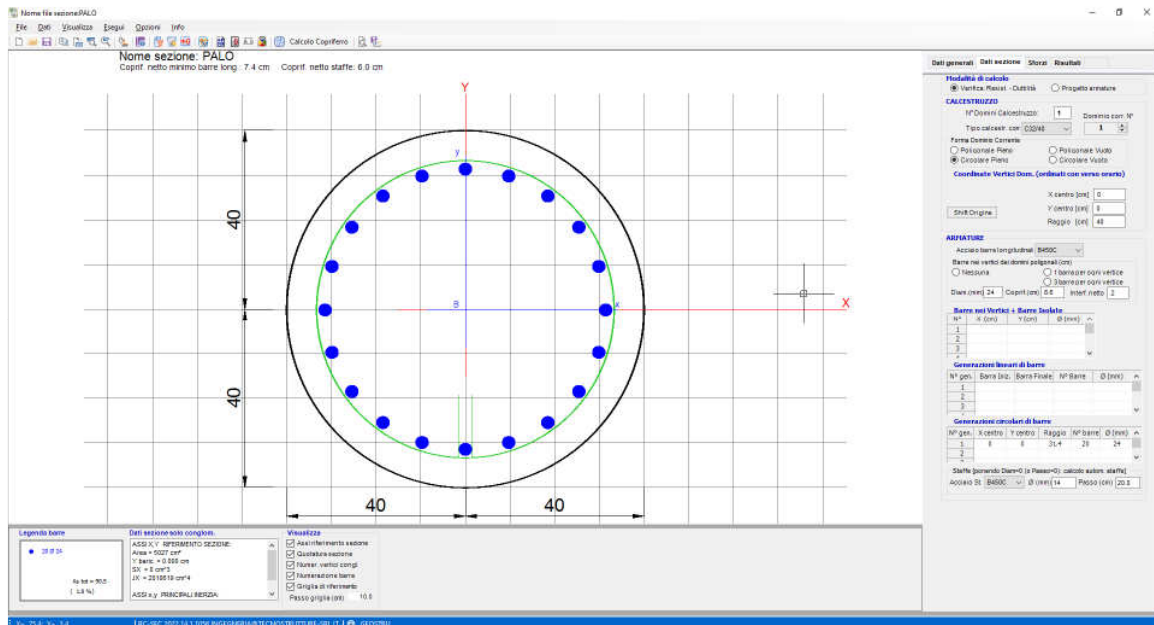
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	75 di 247

Verifiche agli stati limite per presso-flessione

Di seguito si riporta il tabulato delle verifiche del palo da cui si evince che le verifiche sono soddisfatte:



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: PALO

Descrizione Sezione:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica di Pilastro
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Tipo di sollecitazione:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2:	1.00		
Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50		

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 76 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C32/40

Raggio circ.: 40.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N° Barre	Ø
1	0.0	0.0	31.4	20	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	1277.21	699.93	524.52
2	-38.75	699.93	524.52

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	562.62	271.67	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	553.51	264.03 (266.25)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	526.18	241.11 (269.36)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali:

7.4 cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	77 di 247

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1277.21	699.93	1277.50	1192.51	1.70	90.5(15.1)
2	S	-38.75	699.93	-38.81	967.24	1.38	90.5(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Ys max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	40.0	0.00242	0.0	31.4	-0.00544	0.0	-31.4
2	0.00350	0.0	40.0	0.00208	0.0	31.4	-0.00832	0.0	-31.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000125243	-0.001509728	----	----
2	0.000000000	0.000165613	-0.003124507	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	524.52	1354.39	772.25	60.0 51.3	71.8	2.500	1.135	10.5	15.4(0.0)
2	S	524.52	1211.77	828.21	63.6 55.0	68.0	2.500	1.000	9.7	15.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpia in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	78 di 247

Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.50	0.0	0.0	-89.5	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k3 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 wk Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot Smax / Es$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
 My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00056	0.00000	0.500	24.0	74	0.00027 (0.00027)	4230.113 (990.00)		265.34	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.32	0.0	0.0	-86.3	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00054	0.00000	0.500	24.0	74	0.00026 (0.00026)	4230.109 (0.30)		266.25	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.77	0.0	0.0	-76.6	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00048	0.00000	0.500	24.0	74	0.00023 (0.00023)	4230.097 (0.20)		269.36	0.00

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 79 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.3 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 2- H=5.0M

13.3.1 Modello di calcolo

In figura 13.3 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche:

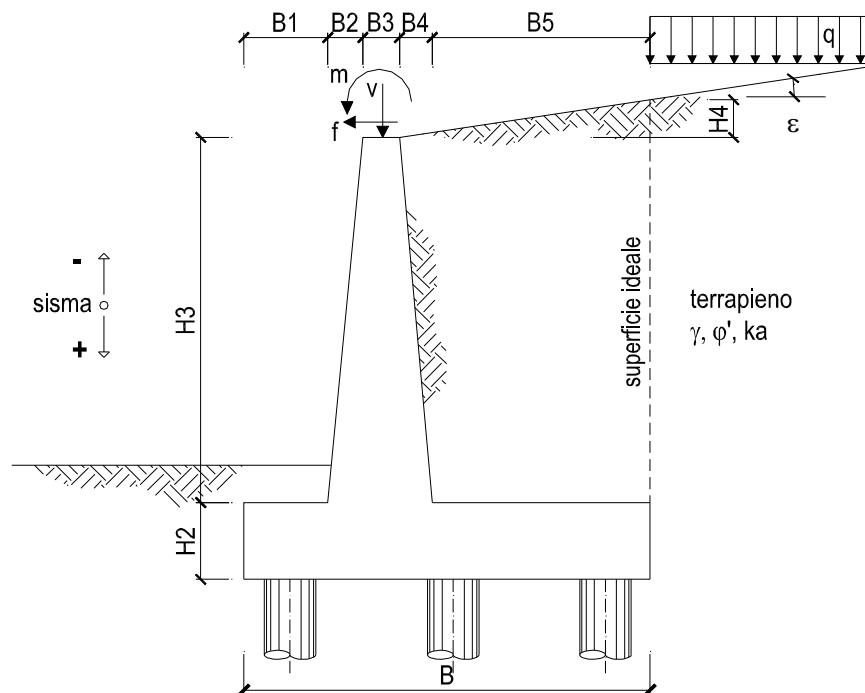


Figura 13.3 – Schema di calcolo

OPERA con Hmuro = 5.00 m

DATI DI PROGETTO:

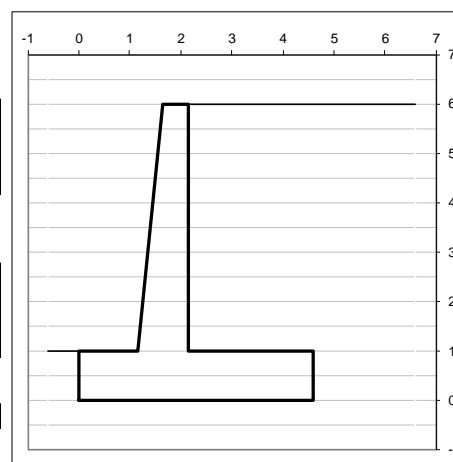
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.50	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.15	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.45	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



L'interasse longitudinale dei pali è pari a 2.40 m, mentre l'interasse trasversale è pari a 2.60 m.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	80 di 247

Determinate le azioni trasmesse a livello del piano di fondazione, viene eseguita la risoluzione della palificata, il calcolo delle massime sollecitazioni agenti sui pali di fondazione per le combinazioni più gravose, e le successive verifiche di resistenza.

Vengono determinate le azioni trasmesse in testa ai pali e successivamente i massimi valori delle caratteristiche della sollecitazione agenti sui pali. Infine, sono riportate le verifiche di resistenza secondo il metodo degli stati limite.

Il calcolo delle azioni trasmesse dal plinto di fondazione ai pali è stato svolto nell'ipotesi di zattera di fondazione infinitamente rigida secondo la formula:

$$R_i = N/n + [(M_x)/\Sigma x_i^2] \times x_i + [(M_y)/\Sigma y_i^2] \times y_i$$

Essendo x_i e y_i le coordinate del singolo palo rispetto al baricentro della fondazione, "n" il numero totale dei pali.

Analogamente le azioni orizzontali trasmesse ai pali vengono determinate nell'ipotesi di fondazione infinitamente rigida per cui:

$$T_i = [T_x i^2 + T_y^2]^{0.5}/n$$

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità, il momento massimo viene attinto all'incastro e vale:

$$M_{p,max} = H_i \times (L_0 + H)/2$$

Essendo L_0 la lunghezza elastica del palo pari a:

$$L_0 = [4 \times E_p \times I_p / (k_s \times D)]^{0.25}$$

E_p il modulo di elasticità del palo;

I_p il momento d'inerzia del palo;

k_s costante di reazione orizzontale del terreno;

D diametro del palo.

H l'eventuale altezza non collaborante del palo di fondazione.

Per la costante di reazione orizzontale si fa riferimento alla seguente relazione proposta da Vesic:

$$k_s = E_s / (D \cdot (1 - \nu^2))$$

con:

E_s Modulo elastico terreno di fondazione

13.3.2 Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate nell'allegato 3:

13.3.2.1 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali

Per le modalità di verifica si veda il §10.3.

Carichi massimi e minimi sui pali:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	774.84	557.48		281.89	376.16
SLE_FR	740.04	577.08		264.27	352.65
SLE_QP	635.61	635.88		211.42	282.12
A1+M1+R3	947.45	477.35		389.01	519.10
SISMA+M1+R3+	1712.80	-145.98		614.78	820.37
SISMA+M1+R3-	1719.13	-319.44		625.72	834.97

Dall'esame delle curve di capacità portante, riportate di seguito, si ricava la lunghezza dei pali per il muro in oggetto:

L = 12.00 m

- Lunghezza pali

Nmax = 1720 kN < 1780.1kN

- Azione massima palo in compressione in sismica

Nmin = -320 kN > -564.2 kN

- Azione massima palo in trazione in sismica

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	83 di 247

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN COMPRESIONE

γ =	3.14	
Interasse pali =		m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.0	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	1.40	m
Quota testa pali (z=0) =	0.0	m

strato	γ (kN/m³)	β (°)	c _v (kPa)	q _g
1	19.0	33.0	-	60.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

N =		1720.00	kN
Rt(QB) =		1.35	
Rt (Ql) =		1.55	
γ _g =		1.05	
γ _l =		1.05	
Fattore di riduzione capacità portante =		1.00	

Il fattore di riduzione tiene conto dell'interasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN COMPRESIONE

strato	z (m)	Δh(m)	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	β (°)	c _v (kPa)	c _u (kPa)	q _g (kPa)	q _g (kPa)	q _g (kPa)	α	β	W _{tanf}	s (kPa)	σ _{max} (kPa)	Q _b	q _l	Q _L	W _{psl}	Q _{Rd}	N	F _{lim}	z (m)
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	26.6	0.0	0.0	4000	0.4	-	0.5	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1720.00	0.00	0.0
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	45.6	36.1	2736.0	4000	0.4	-	0.5	16.4	100.0	1375.3	41.2	41.2	3.0	636.1	1720.00	0.37	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	64.6	50.1	3876.0	4000	0.4	-	0.5	22.8	100.0	1948.3	57.2	98.5	6.0	900.5	1720.00	0.54	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	83.6	69.1	5016.0	4000	0.4	-	0.5	31.4	100.0	2610.6	78.9	177.4	9.0	987.1	1720.00	0.57	3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	102.6	88.1	6156.0	4000	0.4	-	0.5	40.0	100.0	2010.6	100.7	278.1	12.0	1037.1	1720.00	0.60	4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	121.6	107.1	7296.0	4000	0.4	-	0.5	48.7	100.0	2010.6	122.4	406.4	15.0	1088.6	1720.00	0.64	5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	140.6	126.1	8436.0	4000	0.4	-	0.5	57.3	100.0	2010.6	144.1	544.5	18.0	1171.5	1720.00	0.68	6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	159.6	145.1	9576.0	4000	0.4	-	0.5	66.0	100.0	2010.6	165.8	710.3	21.0	1250.9	1720.00	0.73	7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	178.6	164.1	10716.0	4000	0.4	-	0.5	74.6	100.0	2010.6	187.5	897.8	24.0	1331.7	1720.00	0.79	8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	197.6	183.1	11856.0	4000	0.4	-	0.5	83.2	100.0	2010.6	209.2	1107.0	27.0	1450.9	1720.00	0.85	9.0
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	216.6	202.1	12996.0	4000	0.4	-	0.5	91.9	100.0	2010.6	230.9	1337.9	30.0	1597.6	1720.00	0.92	10.0
2	11.0	11.00	19.0	9.0	26.0	-	235.6	221.1	4240.8	4000	0.4	-	0.3	75.6	100.0	2010.6	189.7	1527.6	33.2	1674.5	1720.00	0.97	11.0
2	12.0	12.00	19.0	9.0	26.0	-	254.6	240.1	4582.8	4000	0.4	-	0.3	82.0	100.0	2010.6	206.0	1733.6	36.2	1780.1	1720.00	1.03	>1

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN TRAZIONE

γ =	3.142	
Interasse pali =		m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.0	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	1.40	m
Quota testa pali (z=0) =	0.0	m

strato	γ (kN/m³)	β (°)	c _v (kPa)	q _g
1	19.0	33.0	-	60.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

N =		320.00	kN
Rt (Ql) =		1.25	
γ _g =		1.05	
γ _l =		1.05	
Fattore di riduzione capacità portante =		1.00	

Il fattore di riduzione tiene conto dell'interasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN TRAZIONE

strato	z (m)	Δh(m)	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	β (°)	c _v (kPa)	c _u (kPa)	q _g (kPa)	q _g (kPa)	q _g (kPa)	α	β	W _{tanf}	s (kPa)	σ _{max} (kPa)	Q _b	q _l	Q _L	W _{psl}	Q _{Rd}	N	F _{lim}	z (m)
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	26.6	0.0	0.0	5800	0.4	-	0.3	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-320.00	0.00	0.0
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	45.6	36.1	2736.0	5800	0.4	-	0.3	11.7	150.0	0.0	29.5	29.5	3.0	11.3	-320.00	0.04	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	64.6	50.1	3876.0	5800	0.4	-	0.3	16.3	150.0	0.0	40.9	70.3	6.0	28.1	-320.00	0.09	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	83.6	69.1	5016.0	5800	0.4	-	0.3	22.4	150.0	0.0	56.4	126.7	9.0	52.4	-320.00	0.16	3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	102.6	88.1	6156.0	5800	0.4	-	0.3	28.6	150.0	0.0	71.9	198.6	12.0	84.2	-320.00	0.26	4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	121.6	107.1	7296.0	5800	0.4	-	0.3	34.8	150.0	0.0	87.4	286.0	15.0	123.6	-320.00	0.39	5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	140.6	126.1	8436.0	5800	0.4	-	0.3	40.9	150.0	0.0	102.9	388.9	18.0	170.5	-320.00	0.53	6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	159.6	145.1	9576.0	5800	0.4	-	0.3	47.1	150.0	0.0	118.4	507.4	21.0	224.9	-320.00	0.70	7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	178.6	164.1	10716.0	5800	0.4	-	0.3	53.3	150.0	0.0	133.9	641.3	24.0	286.8	-320.00	0.90	8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	197.6	183.1	11856.0	5800	0.4	-	0.3	59.5	150.0	0.0	149.4	790.7	27.0	356.2	-320.00	1.11	>1
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	216.6	202.1	12996.0	5800	0.4	-	0.3	65.6	150.0	0.0	164.9	955.6	30.0	433.2	-320.00	1.35	>1
2	11.0	11.00	19.0	9.0	26.0	-	235.6	221.1	4240.8	5800	0.4	-	0.2	53.9	150.0	0.0	135.5	1091.1	33.2	495.9	-320.00	1.55	>1
2	12.0	12.00	19.0	9.0	26.0	-	254.6	240.1	4582.8	4000	0.4	-	0.2	58.5	150.0	0.0	147.2	1238.3	36.2	564.2	-320.00	1.76	>1

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

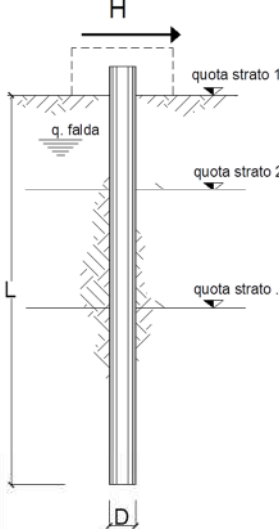
Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 84 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.3.2.2 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

Per le modalità di verifica si veda il §10.4.

COMBINAZIONE SISMICA



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	As	0.00	19	9	33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Salt	-10.00	19	9	26	2.56	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	Pa	-12.00	22.5	12.5	27	2.66	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda: -1.6 (m)

Diametro del palo D: 0.80 (m)

Lunghezza del palo L: 12.00 (m)

Momento di plasticizzazione palo M_y : 1250.00 (kNm)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo (cetri+r)

Palo lungo H = 1381.5 (kN)

Palo intermedio H = 1797.5 (kN)

Palo corto H = 6275.6 (kN)

Hlim = 1381.5 (kN) Palo lungo

Hed = Tpal = 626.0 (kN) Hrd = 644.0 (kN) Hlim/(ξ 3*R3)

FS = Hrd/Hed = 1.03

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 85 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

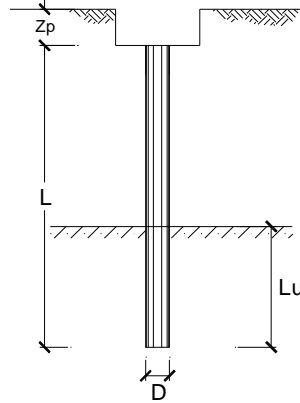
13.3.2.3 Risultati verifiche dei cedimenti dei pali

CALCOLO DEL CEDIMENTO DEL PALO

OPERA:

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)
Carico sul palo (P):	1720.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	12.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	12.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	50.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	2	(-)
Spaziatura dei pali (s):	2.6	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.68 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = \quad 4.80 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = \quad 0.658$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = \quad 2 \quad * \quad 1.06 \quad * \quad 4.80 \quad = \quad 10.18 \quad (\text{mm})$$



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 86 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.3.2.4 Verifiche di stabilità globale del muro

Le verifiche di stabilità globale relative al muro tipo 2 vengono omesse in quanto sono maggiormente significative le medesime verifiche condotte sul muro tipo 3 che presenta un'altezza maggiore. Tali verifiche vengono condotte nel §13.4.2.4.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 87 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

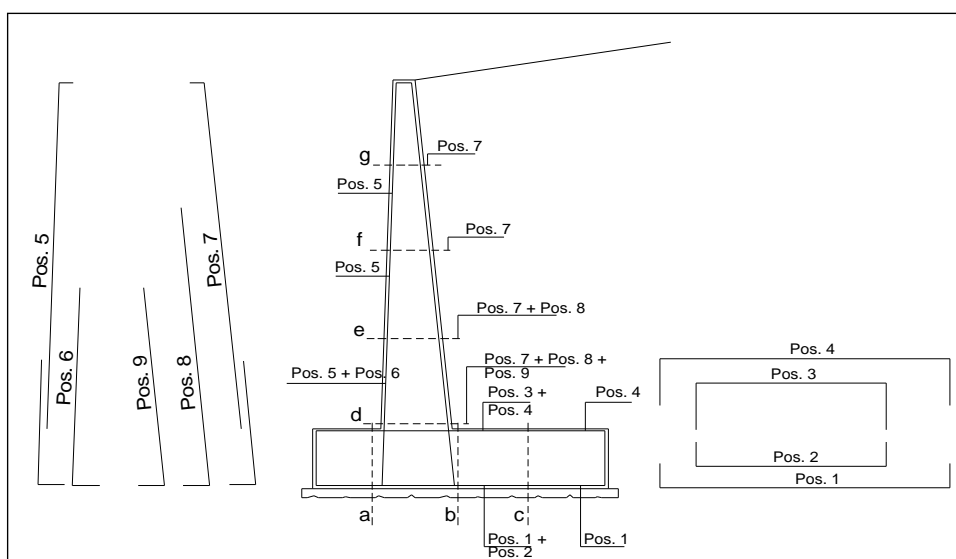
13.3.3 Risultati verifiche strutturali

Per le modalità di verifica si veda il §8.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali, nelle sezioni di calcolo riportate nello schema delle armature per ogni sezione di calcolo, in forma tabellare esplicitate nell'allegato 3:

13.3.3.1 Fondazione ed elevazione muro

SCHEMA DELLE ARMATURE



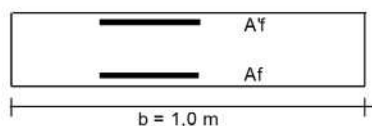
Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabella precedente per le azioni.

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	88 di 247

SLU – combinazione STATICA (stato limite ultimo presso-flessionale)

A1+M1+R3

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	42.68	0.00	366.02	1.00	15.71	22.62	559.26	0.00	264.54
b - b	-519.59	0.00	-320.77	1.00	22.62	15.71	797.35	0.00	298.73
d - d	505.71	199.36	244.70	1.00	22.62	10.05	884.64	199.36	326.72
e - e	254.64	133.36	159.66	0.88	22.62	10.05	737.38	133.36	296.42

SLU – combinazione SISMICA A1+M1+R3 (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	93.40	0.00	691.87	1.00	15.71	22.62	559.26	0.00	264.54
b - b	-770.07	0.00	514.53	1.00	22.62	15.71	797.35	0.00	298.73
d - d	710.84	142.68	315.41	1.00	22.62	10.05	860.02	142.68	326.72
e - e	319.88	93.30	186.65	0.88	22.62	10.05	722.41	93.30	296.42

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio Sez. a-a				Verifica a taglio Sez. b-b			
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio				Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
Materiali (Unità N,mm)				Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio		Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	30	fywk =	450	Rck =	30	fywk =	450
fck =	24.90	fywd =	391.3	fck =	24.90	fywd =	391.3
fcd =	14.11			fcd =	14.11		
fctd =	1.19			fctd =	1.19		
Sezione da verificare				Sezione da verificare			
Altezza trave		1000	mm	Altezza trave		1000	mm
Copriferro asse barra		64	mm	Copriferro asse barra		64	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm	Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		14	1 □ 14/40X40	Diametro spille		14	1 □ 14/40X40
Bracci		2.5		Bracci		2.5	
Interasse		400	mm	Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		0.96	mm ² /mm	Area staffe al millimetro		0.96	mm ² /mm
cotg _x	α =	90.00 °		cotg _x	α =	90.00 °	
cotg _y	θ =	21.80 °		cotg _y	θ =	21.80 °	
Verifiche allo s.l.u. per taglio				Verifiche allo s.l.u. per taglio			
			VR,d > VEd				VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}			691.87 kN	Taglio di calcolo V _{Ed}			519.66 kN
V _{rzd}			5898.69 kN	V _{rzd}			5898.69 kN
V _{rzd}			792.92 kN	V _{rzd}			792.92 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]		ok	792.92 kN	VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]		ok	792.92 kN

Verifica a taglio Sez. d-d			
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	30	fywk =	450
fck =	24.90	fywd =	391.3
fcd =	14.11		
fctd =	1.19		
Sezione da verificare			
Altezza trave		1000	mm
Copriferro asse barra		64	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		12	1 □ 12/40X40
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		0.71	mm ² /mm
cotg _x	α =	90.00 °	
cotg _y	θ =	21.80 °	
Verifiche allo s.l.u. per taglio			
			VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}			244.70 kN
V _{rzd}			5905.04 kN
V _{rzd}			582.55 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]		ok	582.55 kN

Verifica a taglio sez. e-e			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
VRd = [0,18 * k * (100 * ρ ₁ * f _{ctd}) ^{1/3} * c * 0,15 * c * ρ ₁] * bw * d = 296.42 kN			
VEd =	159.66 kN	ok	
con:			
K = 1 + (200/d) ^{1/2} =	1.497	≤ 2	
Rck =	30	N/mm ²	
V _{min} = 0,035 * k ^{2/3} * Rck ^{2/3} =	0.320	N/mm ²	
fck = 0,83 * Rck =	24.9	N/mm ²	
fcd = α _{cc} * fck / γ _c =	14.11	N/mm ²	
ρ ₁ = A _{st} / (bw * d) =	0.00279	≤ 0.02	
copriferro =	64	mm	
d =	811	mm	
H =	875	mm	
bw =	1000	mm	
A _{st} =	2262	mm ²	
N _{Ed} =	133.36	kN	
α _{cp} = N _{Ed} / A _c =	0.152	N/mm ²	≤ 0,2 * f _{cd}

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 89 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

SLE – combinazione RARA (stato limite ultimo di esercizio: stato tensionale)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	31.90	0.00	1.00	15.71	22.62	0.34	23.13
b - b	-376.78	0.00	1.00	22.62	15.71	3.63	191.96
d - d	358.89	169.79	1.00	22.62	10.05	3.68	149.22
e - e	178.93	113.56	0.88	22.62	10.05	2.32	83.34

SLE – combinazione FREQUENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	29.72	0.00	1.00	15.71	22.62	0.32	21.55	0.029	0.300
b - b	-349.41	0.00	1.00	22.62	15.71	3.37	178.02	0.231	0.300
d - d	328.30	164.51	1.00	22.62	10.05	3.37	134.71	0.173	0.300
e - e	161.73	109.60	0.88	22.62	10.05	2.10	73.99	0.089	0.300

SLE – combinazione QUASI PERMANENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	23.19	0.00	1.00	15.71	22.62	0.25	16.82	0.023	0.200
b - b	-267.31	0.00	1.00	22.62	15.71	2.57	136.19	0.177	0.200
d - d	358.89	169.79	1.00	22.62	10.05	3.68	149.22	0.192	0.200
e - e	178.93	113.56	0.88	45.24	10.05	1.85	43.88	0.042	0.200

2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 90 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

13.3.3.2 Pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali dei pali.

Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabelle precedente per le azioni.

Le sollecitazioni di verifica sono riportate nelle tabelle seguenti:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	774.84	557.48		281.89	376.16
SLE_FR	740.04	577.08		264.27	352.65
SLE_QP	635.61	635.88		211.42	282.12
A1+M1+R3	947.45	477.35		389.01	519.10
SISMA+M1+R3+	1712.80	-145.98		614.78	820.37
SISMA+M1+R3-	1719.13	-319.44		625.72	834.97

Caratteristiche geometriche della sezione

ϕ	800 cm
Armatura 1° strato Aa	20 ϕ 24 = 90.5 cm ²
Copriferro 1° strato Aa	8.60cm
Armatura a taglio	1 ϕ 14/20 = 15.4 cm ² /m
Copriferro armatura a taglio	6cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

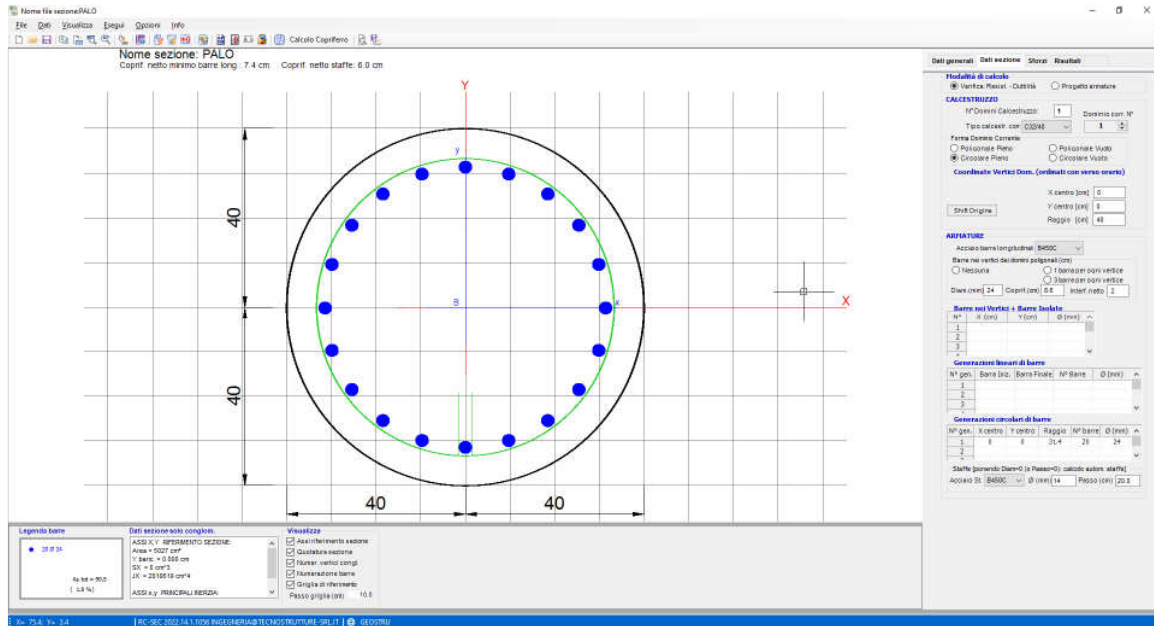
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	91 di 247

Verifiche agli stati limite per presso-flessione

Di seguito si riporta il tabulato delle verifiche del palo da cui si evince che le verifiche sono soddisfatte:



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: PALO

Descrizione Sezione:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica di Pilastro
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Tipo di sollecitazione:	Assi x, y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 92 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C32/40

Raggio circ.: 40.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N° Barre	Ø
1	0.0	0.0	31.4	20	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	1712.80	820.37	614.78
2	-319.44	834.97	625.72

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	557.48	376.16	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	577.08	352.65 (250.73)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	635.61	282.12 (271.98)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriero netto minimo barre longitudinali:

7.4 cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpia in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	93 di 247

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1712.80	820.37	1712.72	1250.21	1.52	90.5(15.1)
2	S	-319.44	834.97	-319.40	910.72	1.09	90.5(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Ys max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	40.0	0.00250	0.0	31.4	-0.00477	0.0	-31.4
2	0.00350	0.0	40.0	0.00198	0.0	31.4	-0.00913	0.0	-31.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000115785	-0.001131419	----	----
2	0.000000000	0.000176840	-0.003573604	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	614.78	1392.52	755.36	59.6 50.2	72.5	2.500	1.181	12.5	15.4(0.0)
2	S	625.72	1223.95	836.06	64.1 55.5	68.0	2.500	1.000	11.5	15.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpia in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	94 di 247

Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.00	0.0	0.0	-147.9	0.0	-31.4	718	22.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k3 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 wk Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
 My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00091	0.00000	0.500	24.0	74	0.00044 (0.00044)	3810.169 (990.00)		245.92	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.44	0.0	0.0	-132.6	0.0	-31.4	718	22.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	0.00000	0.500	24.0	74	0.00040 (0.00040)	3810.152 (0.30)		250.73	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.75	0.0	0.0	-87.6	0.0	-31.4	569	13.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00055	0.00000	0.500	24.0	74	0.00026 (0.00026)	4230.111 (0.20)		271.98	0.00

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	95 di 247

13.4 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO DI SOTTOSCARPA TIPO 3

13.4.1 Modello di calcolo

In figura 13.4 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche:

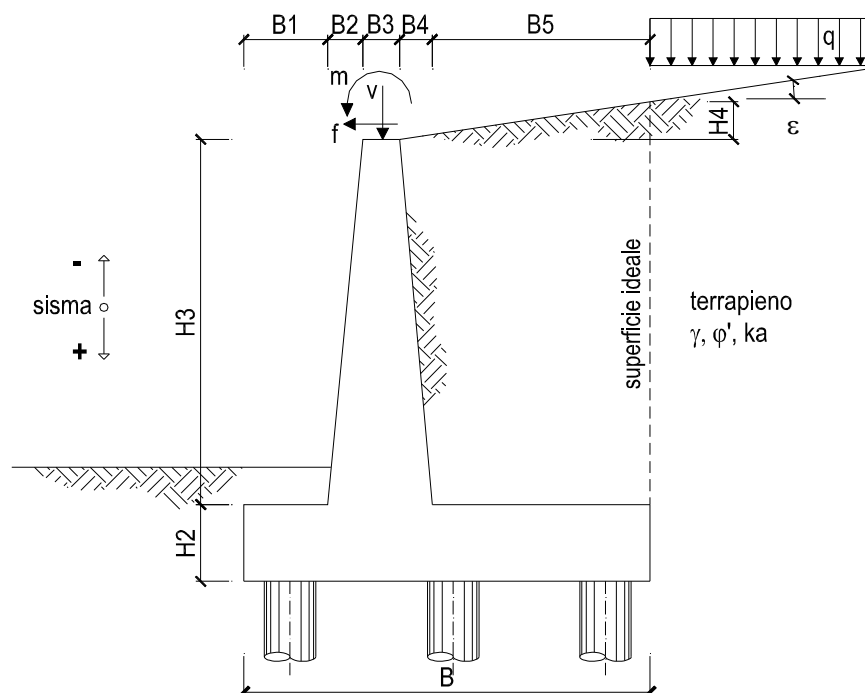


Figura 13.4 – Schema di calcolo

OPERA con Hmuro = 6.50 m

DATI DI PROGETTO:

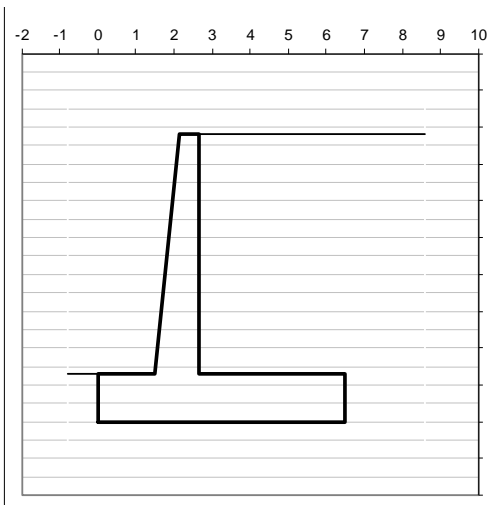
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	6.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.65	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	6.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.30	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.85	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



L'interasse longitudinale dei pali è pari a 1.82 m, mentre l'interasse trasversale è pari a 2.45 m.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	96 di 247

Determinate le azioni trasmesse a livello del piano di fondazione, viene eseguita la risoluzione della palificata, il calcolo delle massime sollecitazioni agenti sui pali di fondazione per le combinazioni più gravose, e le successive verifiche di resistenza.

Vengono determinate le azioni trasmesse in testa ai pali e successivamente i massimi valori delle caratteristiche della sollecitazione agenti sui pali. Infine, sono riportate le verifiche di resistenza secondo il metodo degli stati limite.

Il calcolo delle azioni trasmesse dal plinto di fondazione ai pali è stato svolto nell'ipotesi di zattera di fondazione infinitamente rigida secondo la formula:

$$R_i = N/n + [(M_x)/\Sigma x_i^2] \times x_i + [(M_y)/\Sigma y_i^2] \times y_i$$

Essendo x_i e y_i le coordinate del singolo palo rispetto al baricentro della fondazione, "n" il numero totale dei pali.

Analogamente le azioni orizzontali trasmesse ai pali vengono determinate nell'ipotesi di fondazione infinitamente rigida per cui:

$$T_i = [T_x i^2 + T_y^2]^{0.5}/n$$

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità, il momento massimo viene attinto all'incastro e vale:

$$M_{p,max} = H_i \times (L_0 + H)/2$$

Essendo L_0 la lunghezza elastica del palo pari a:

$$L_0 = [4 \times E_p \times I_p / (k_s \times D)]^{0.25}$$

E_p	il modulo di elasticità del palo;
I_p	il momento d'inerzia del palo;
k_s	costante di reazione orizzontale del terreno;
D	diametro del palo.

H l'eventuale altezza non collaborante del palo di fondazione.

Per la costante di reazione orizzontale si fa riferimento alla seguente relazione proposta da Vesic:

$$k_s = E_s / (D \cdot (1 - \nu^2))$$

con:

E_s Modulo elastico terreno di fondazione

13.4.2 Risultati verifiche geotecniche per fondazioni su pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate nell'allegato 4:

13.4.2.1 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali

Per le modalità di verifica si veda il §10.3.

Carichi massimi e minimi sui pali:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	668.20	615.48	562.75	237.14	316.44
SLE_FR	633.69	607.88	582.07	219.54	292.96
SLE_QP	530.17	585.09	640.01	166.74	222.50
A1+M1+R3	809.49	654.18	498.86	326.81	436.10
SISMA+M1+R3+	1518.68	718.90	-80.89	525.22	700.86
SISMA+M1+R3-	1512.74	630.20	-252.35	530.97	708.53

Dall'esame delle curve di capacità portante, riportate di seguito, si ricava la lunghezza dei pali per il muro in oggetto:

L = 15.00 m

- Lunghezza pali

Nmax = 1518.68 kN < 1593.1 kN

- Azione massima palo in compressione in sismica

Nmin = -252.35 kN > -637.2 kN

- Azione massima palo in trazione in sismica

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 99 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN COMPRESSIONE

γ =	3.14	
Interasse pali =	1.82	m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.7	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	2.10	m
Quota testa pali (z=0) =	0.0	m

strato	γ (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	Nq*
1	19.0	33.0	-	60.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

N _l =	1519.00	kN
R1(QR) =	1.20	
R1(QR) =	1.15	
z ₁ =	1.65	
z ₂ =	1.65	
Fattore di riduzione capacità portante	0.70	

- Il fattore di riduzione tiene conto dell'interasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN COMPRESSIONE																								
strato	z (m)	h(m)	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	c _u (kPa)	c _v (kPa) a h/2	q _b (kPa)	Q _{lim} (kPa)	α	β	h'/tanφ	d (kPa)	s _{max} (kPa)	Q _b	q _d	Q _L	V/palo	QR1	N	F _{Red}	z (m)	
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	39.9	0.0	0.0	4000	0.4	-	0.6	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1519.00	0.00	0.0	0.0	
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	58.9	49.4	3534.0	4000	0.4	-	0.5	22.5	100.0	1243.5	39.5	39.5	3.0	576.0	1519.00	0.38	1.0	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	77.9	63.4	4674.0	4000	0.4	-	0.5	29.9	100.0	1407.4	50.7	50.7	6.0	672.4	1519.00	0.44	2.0	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	96.9	82.4	5314.0	4000	0.4	-	0.5	37.5	100.0	1487.4	65.9	156.1	9.0	768.1	1519.00	0.48	3.0	3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	115.9	101.4	5954.0	4000	0.4	-	0.5	45.1	100.0	1487.4	81.1	237.2	12.1	744.8	1519.00	0.49	4.0	4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	134.9	120.4	6594.0	4000	0.4	-	0.5	52.7	100.0	1487.4	96.3	333.5	15.1	792.5	1519.00	0.52	5.0	5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	153.9	139.4	7234.0	4000	0.4	-	0.5	60.4	100.0	1487.4	111.5	445.0	18.1	848.3	1519.00	0.56	6.0	6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	172.9	158.4	7874.0	4000	0.4	-	0.5	68.0	100.0	1487.4	126.7	571.7	21.1	912.0	1519.00	0.60	7.0	7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	191.9	177.4	8514.0	4000	0.4	-	0.5	75.6	100.0	1487.4	141.9	713.5	24.1	983.8	1519.00	0.65	8.0	8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	210.9	196.4	9154.0	4000	0.4	-	0.5	83.3	100.0	1487.4	157.1	870.6	27.1	1063.5	1519.00	0.70	9.0	9.0
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	229.9	215.4	9794.0	4000	0.4	-	0.5	91.0	100.0	1487.4	172.3	1042.9	30.1	1151.3	1519.00	0.75	10.0	10.0
2	11.0	1.00	19.0	9.0	26.0	-	248.9	234.4	4480.2	4000	0.4	-	0.3	80.0	100.0	1487.4	140.8	1183.7	33.2	1222.5	1519.00	0.80	11.0	11.0
2	12.0	2.00	19.0	9.0	26.0	-	267.9	253.4	4822.2	4000	0.4	-	0.3	86.5	100.0	1487.4	152.2	1335.9	36.2	1297.7	1519.00	0.86	12.0	12.0
3	13.0	1.00	22.5	12.5	27.0	-	290.4	274.2	5308.0	4000	0.4	-	0.4	97.8	100.0	1487.4	172.0	1507.9	39.2	1410.2	1519.00	0.93	13.0	13.0
3	14.0	1.00	22.5	12.5	27.0	-	312.9	296.7	6258.0	4000	0.4	-	0.4	105.8	100.0	1487.4	175.9	1783.8	17.6	1581.6	1519.00	0.99	14.0	14.0
3	15.0	1.00	22.5	12.5	27.0	-	335.4	319.2	6708.0	4000	0.4	-	0.4	113.8	100.0	1487.4	175.9	1859.7	18.8	1593.1	1519.00	1.05	>1	15.0

CAPACITA' PORTANTE (A1+M1+R3) PALO IN TRAZIONE

γ =	3.142	
Interasse pali =	1.82	m
Diametro palo =	0.8	m
Quota Falda da p.c. =	-3.7	m
Quota Falda da testa palo =	-1.60	m
Quota P.C. =	2.10	m
Quota testa pali (z=0) =	0.0	m

strato	γ (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	Nq*
1	19.0	33.0	-	60.0
2	19.0	26.0	-	18.00
3	22.5	27.0	-	20.00
4				
5				

N _l =	253.00	kN
R3 (QL) =	1.25	
z ₁ =	1.65	
z ₂ =	1.65	
Fattore di riduzione capacità portante	0.70	

- Il fattore di riduzione tiene conto dell'interasse dei pali della paratia

CAPACITA' PORTANTE PARATIA DI PALI IN TRAZIONE																								
strato	z (m)	h(m)	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	φ (°)	c _v (kPa)	c _u (kPa)	c _v (kPa) a h/2	q _b (kPa)	Q _{lim} (kPa)	α	β	h'/tanφ	d (kPa)	s _{max} (kPa)	Q _b	q _d	Q _L	V/palo	QR1	N	F _{Red}	z (m)	
1	0.0	0.00	19.0	9.0	33.0	-	39.9	0.0	0.0	4000	0.4	-	0.3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	6.0	-253.00	0.00	0.0	0.0	0.0
1	1.0	1.00	19.0	9.0	33.0	-	58.9	49.4	3534.0	4000	0.4	-	0.3	16.0	100.0	0.0	28.2	28.2	3.0	10.7	-253.00	0.04	1.0	1.0
1	2.0	2.00	19.0	9.0	33.0	-	77.9	63.4	4674.0	4000	0.4	-	0.3	25.6	100.0	0.0	36.2	64.4	6.0	25.2	-253.00	0.16	2.0	2.0
1	3.0	3.00	19.0	9.0	33.0	-	96.9	82.4	5314.0	4000	0.4	-	0.3	29.8	100.0	0.0	47.1	111.5	9.0	42.0	-253.00	0.18	3.0	3.0
1	4.0	4.00	19.0	9.0	33.0	-	115.9	101.4	5954.0	4000	0.4	-	0.3	32.9	100.0	0.0	57.9	169.4	12.1	70.1	-253.00	0.28	4.0	4.0
1	5.0	5.00	19.0	9.0	33.0	-	134.9	120.4	6594.0	4000	0.4	-	0.3	39.1	100.0	0.0	68.8	238.2	15.1	100.4	-253.00	0.40	5.0	5.0
1	6.0	6.00	19.0	9.0	33.0	-	153.9	139.4	7234.0	4000	0.4	-	0.3	45.3	100.0	0.0	79.6	317.8	18.1	136.0	-253.00	0.54	6.0	6.0
1	7.00	7.00	19.0	9.0	33.0	-	172.9	158.4	7874.0	4000	0.4	-	0.3	51.4	100.0	0.0	90.5	406.3	21.1	176.9	-253.00	0.70	7.0	7.0
1	8.0	8.00	19.0	9.0	33.0	-	191.9	177.4	8514.0	4000	0.4	-	0.3	57.6	100.0	0.0	101.3	509.7	24.1	223.0	-253.00	0.88	8.0	8.0
1	9.0	9.00	19.0	9.0	33.0	-	210.9	196.4	9154.0	4000	0.4	-	0.3	63.8	100.0	0.0	112.2	621.9	27.1	274.4	-253.00	1.08	>1	9.0
1	10.0	10.00	19.0	9.0	33.0	-	229.9	215.4	9794.0	4000	0.4	-	0.3	69.9	100.0	0.0	123.0	744.9	30.1	331.0	-253.00	1.31	>1	10.0
2	11.0	1.00	19.0	9.0	26.0	-	248.9	234.4	4480.2	4000	0.4	-	0.2	57.2	100.0	0.0	100.6	845.5	33.2	376.8	-253.00	1.49	>1	11.0
2	12.0	2.00	19.0	9.0	26.0	-	267.9	253.4	4822.2	4000	0.4	-	0.2	61.8	100.0	0.0	109.7	954.2	36.2	426.5	-253.00	1.69	>1	12.0
3	13.0	1.00	22.5	12.5	27.0	-	290.4	274.2	5308.0	4000	0.4	-	0.3	69.8	100.0	0.0	122.9	1077.1	39.2	505.9	-253.00	2.00	>1	13.0
3	14.0	1.00	22.5	12.5	27.0	-	312.9	296.7	6258.0	4000	0.4	-	0.3	75.6	100.0	0.0	133.0	1210.0	17.6	569.1	-253.00	2.25	>1	14.0
3	15.0	1.00	22.5	12.5	27.0	-	335.4	319.2	6708.0	4000	0.4	-	0.3	81.3	100.0	0.0	143.0	1353.1	18.8	632.2	-253.00	2.52	>1	15.0

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

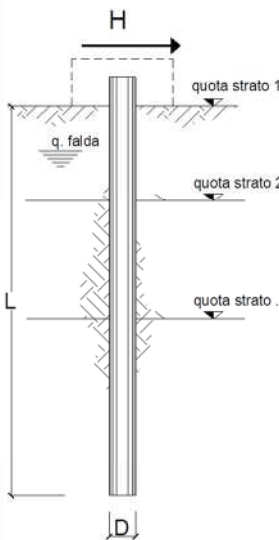
Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 100 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

13.4.2.2 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi orizzontali

Per le modalità di verifica si veda il §10.4.

COMBINAZIONE SISMICA



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	AS	0.00	19	9	33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Salt	-10.00	19	9	26	2.56	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	Pa	-12.00	22.5	12.5	27	2.66	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda -1.6 (m)

Diametro del palo D 0.80 (m)

Lunghezza del palo L 15.00 (m)

Momento di plasticizzazione palo M_y 1441.00 (kNm)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(cfr. 10.4)

Palo lungo H = 1381.5 (kN)
 Palo intermedio H = 2124.9 (kN)
 Palo corto H = 9012.5 (kN)

Hlim = 1381.5 (kN) Palo lungo

Hed = Tpal = 531.0 (kN) Hrd = 644.0 (kN) Hlim/($\xi \cdot 3 \cdot R_3$)

FS = Hrd/Hed = 1.21

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	101 di 247

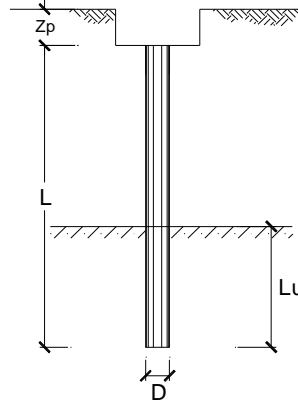
13.4.2.3 Risultati verifiche dei cedimenti dei pali

CALCOLO DEL CEDIMENTO DEL PALO

OPERA:

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)
Carico sul palo (P):	1519.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	15.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	15.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	50.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	3	(-)
Spaziatura dei pali (s):	2.45	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D): \quad 1.77 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}} = \quad 3.59 \quad (\text{mm})$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = \quad 0.700$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta = \quad 3 \quad \cdot \quad 0.98 \quad \cdot \quad 3.59 \quad = \quad 10.55 \quad (\text{mm})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 103 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

In tabella sono riportati i gradi di sovra resistenza (R_d/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto $E_d (=E \cdot \gamma_E)$ ottenuti secondo la formulazione di Bishop e per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

Combinazione	Formulazione
	Bishop
"SLU - A2+M2"	3.413
"SLV - A2+M2+E"	2.143

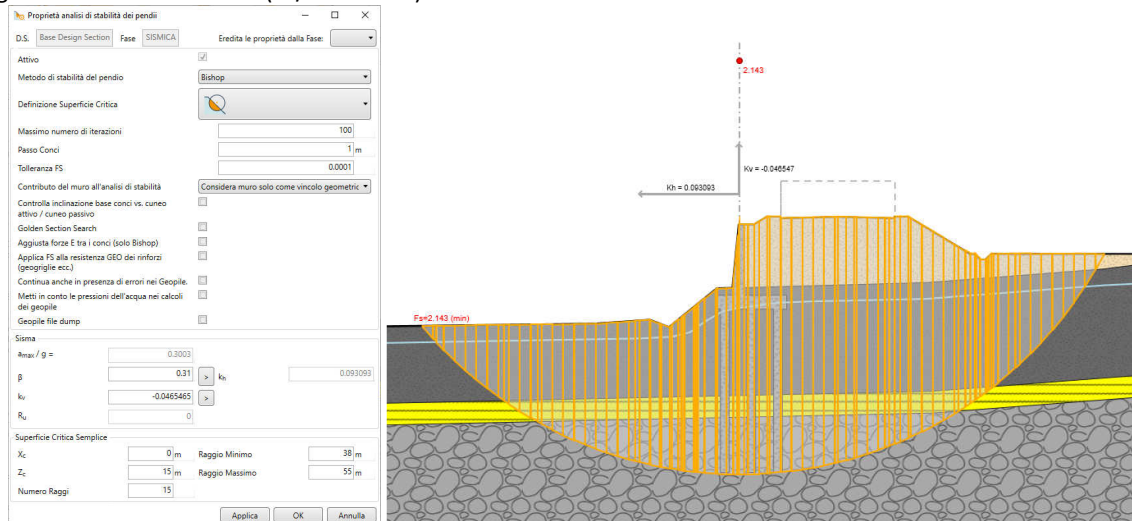
Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1,1; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = R/R_\gamma$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza ($R_d/E_d = 2.143$).



Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 104 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

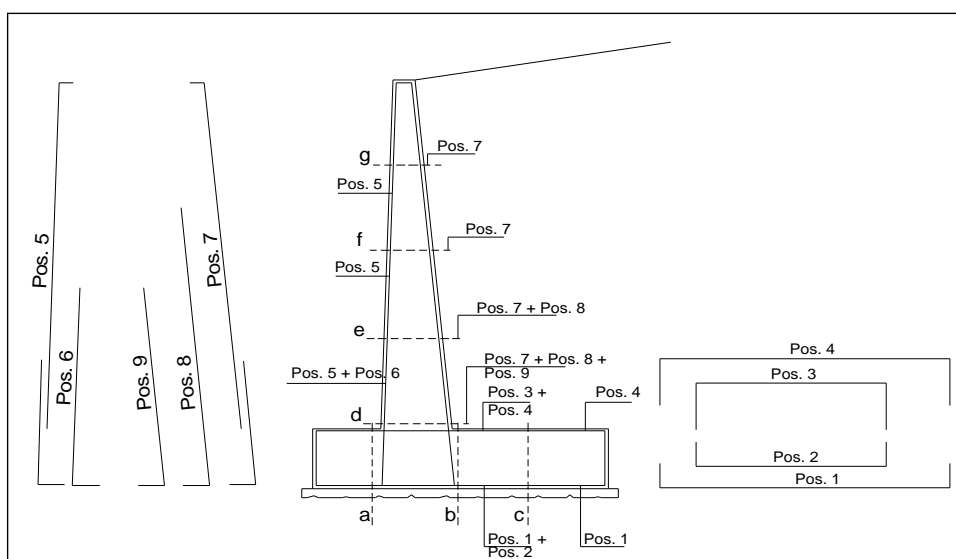
13.4.3 Risultati verifiche strutturali

Per le modalità di verifica si veda il §8.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali, nelle sezioni di calcolo riportate nello schema delle armature per ogni sezione di calcolo, in forma tabellare esplicitate nell'allegato 4:

13.4.3.1 Fondazione ed elevazione muro

SCHEMA DELLE ARMATURE



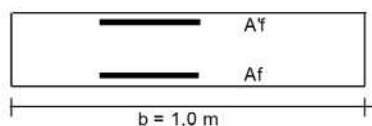
Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabella precedente per le azioni.

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	24	7	5.0	24
4	5.0	24	8	5.0	24
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 105 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SLU – combinazione STATICA (stato limite ultimo presso-flessionale)
A1+M1+R3

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	274.78	0.00	396.03	1.30	15.71	45.24	726.69	0.00	304.83
b - b	-1336.83	0.00	-374.74	1.30	45.24	15.71	2083.14	0.00	433.70
d - d	1086.22	309.25	405.90	1.15	45.24	15.71	1967.87	309.25	449.05
e - e	545.48	204.63	264.11	0.99	45.24	15.71	1613.80	204.63	324.63

SLU – combinazione SISMICA A1+M1+R3 (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	550.75	0.00	789.74	1.30	15.71	45.24	726.69	0.00	304.83
b - b	-1904.43	0.00	530.23	1.30	45.24	15.71	2083.14	0.00	433.70
d - d	1457.46	209.74	505.89	1.15	45.24	15.71	1920.52	209.74	449.05
e - e	644.12	134.13	295.09	0.99	22.62	15.71	840.23	134.13	324.63

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio Sez. a-a				Verifica a taglio Sez. b-b			
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio				Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
Materiali (Unità N,mm)				Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio		Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	30	fywk =	450	Rck =	30	fywk =	450
fck =	24.90	fywd =	391.3	fck =	24.90	fywd =	391.3
fcid =	14.11			fcid =	14.11		
fcid =	1.19			fcid =	1.19		
Sezione da verificare				Sezione da verificare			
Altezza trave		1300	mm	Altezza trave		1300	mm
Copri ferro asse barra		68	mm	Copri ferro asse barra		68	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm	Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		14	1□14/40X40	Diametro spille		14	1□14/40X40
Bracci		2.5		Bracci		2.5	
Interasse		400	mm	Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		0.96	mm ² /mm	Area staffe al millimetro		0.96	mm ² /mm
cotgα	α =	90.00 °		cotgα	α =	90.00 °	
cotgθ	θ =	21.80 °		cotgθ	θ =	21.80 °	
Verifiche allo s.l.u. per taglio				Verifiche allo s.l.u. per taglio			
			VR,d > VEd				VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}			789.74 kN	Taglio di calcolo V _{Ed}			1008.27 kN
V _{rzd}			7778.14 kN	V _{rzd}			7778.14 kN
V _{rzd}			1043.67 kN	V _{rzd}			1043.67 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]		ok	1043.67 kN	VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]		ok	1043.67 kN

Verifica a taglio Sez. d-d			
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	30	fywk =	450
fck =	24.90	fywd =	391.3
fcid =	14.11		
fcid =	1.19		
Sezione da verificare			
Altezza trave		1150	mm
Copri ferro asse barra		68	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		12	1□12/40X40
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		0.71	mm ² /mm
cotgα	α =	90.00 °	
cotgθ	θ =	21.80 °	
Verifiche allo s.l.u. per taglio			
			VR,d > VEd
Taglio di calcolo V _{Ed}			405.90 kN
V _{rzd}			6832.06 kN
V _{rzd}			673.42 kN
VRd=min[V _{rzd} ;V _{rzd}]		ok	673.42 kN

Verifica a taglio sez. e-e			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
VRd =	$0.18 \cdot k \cdot (100 \rho \cdot 1^3 \cdot f_{ctk})^{1/3} \cdot \eta_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot w \cdot d$		324.63 kN
VEd =		264.11 kN	ok
con:			
K =	$1 + (200/d)^{1/2}$	1.466	≤ 2
Rck =		30	N/mm ²
η _{ct} =	$0.035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ctk}^{1/2}$	0.310	N/mm ²
f _{ctk} =	$0.83 \cdot Rck$	24.9	N/mm ²
f _{cd} =	$\alpha_{cc} \cdot f_{ctk} / \gamma_c$	14.11	N/mm ²
ρ ₁ =	Asl/(b·w·d)	0.00246	≤ 0.02
copri ferro =		68	mm
d =		919.5	mm
H =		988	mm
bw =		1000	mm
Asl =		2262	mm ²
N _{cp} =		204.63	kN
σ _{cp} =	N _{cp} /Ac	0.207	N/mm ² ≤ 0.2·f _{cd}

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 106 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SLE – combinazione RARA (stato limite ultimo di esercizio: stato tensionale)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	220.44	0.00	1.30	15.71	45.24	1.40	120.08
b - b	-996.91	0.00	1.30	45.24	15.71	4.80	195.73
d - d	771.94	260.37	1.15	45.24	15.71	4.78	148.56
e - e	383.81	171.99	0.99	22.62	15.71	3.93	164.46

SLE – combinazione FREQUENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	207.17	0.00	1.30	15.71	45.24	1.32	112.85	0.158	0.300
b - b	-918.84	0.00	1.30	45.24	15.71	4.43	180.40	0.171	0.300
d - d	693.36	249.94	1.15	45.24	15.71	4.30	131.94	0.125	0.300
e - e	339.62	164.17	0.99	22.62	15.71	3.48	143.15	0.175	0.300

SLE – combinazione QUASI PERMANENTE (stato limite ultimo di esercizio: fessurazione)
Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	167.35	0.00	1.30	15.71	45.24	1.06	91.16	0.128	0.200
b - b	-684.64	0.00	1.30	45.24	15.71	3.30	134.42	0.127	0.200
d - d	771.94	260.37	1.15	45.24	15.71	4.78	148.56	0.140	0.200
e - e	383.81	171.99	0.99	45.24	15.71	3.11	85.83	0.080	0.200

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 107 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

13.4.3.2 Pali

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali dei pali.

Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabelle precedente per le azioni.

Le sollecitazioni di verifica sono riportate nelle tabelle seguenti:

SOLLECITAZIONE SUI PALI					
caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLE_RARA	668.20	615.48	562.75	237.14	316.44
SLE_FR	633.69	607.88	582.07	219.54	292.96
SLE_QP	530.17	585.09	640.01	166.74	222.50
A1+M1+R3	809.49	654.18	498.86	326.81	436.10
SISMA+M1+R3+	1518.68	718.90	-80.89	525.22	700.86
SISMA+M1+R3-	1512.74	630.20	-252.35	530.97	708.53

Caratteristiche geometriche della sezione

ϕ	800 cm
Armatura 1° strato Aa	26 ϕ 24 = 117.6 cm ²
Copriferro 1° strato Aa	8.60cm
Armatura a taglio	1 ϕ 14/20 = 15.4 cm ² /m
Copriferro armatura a taglio	6cm

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

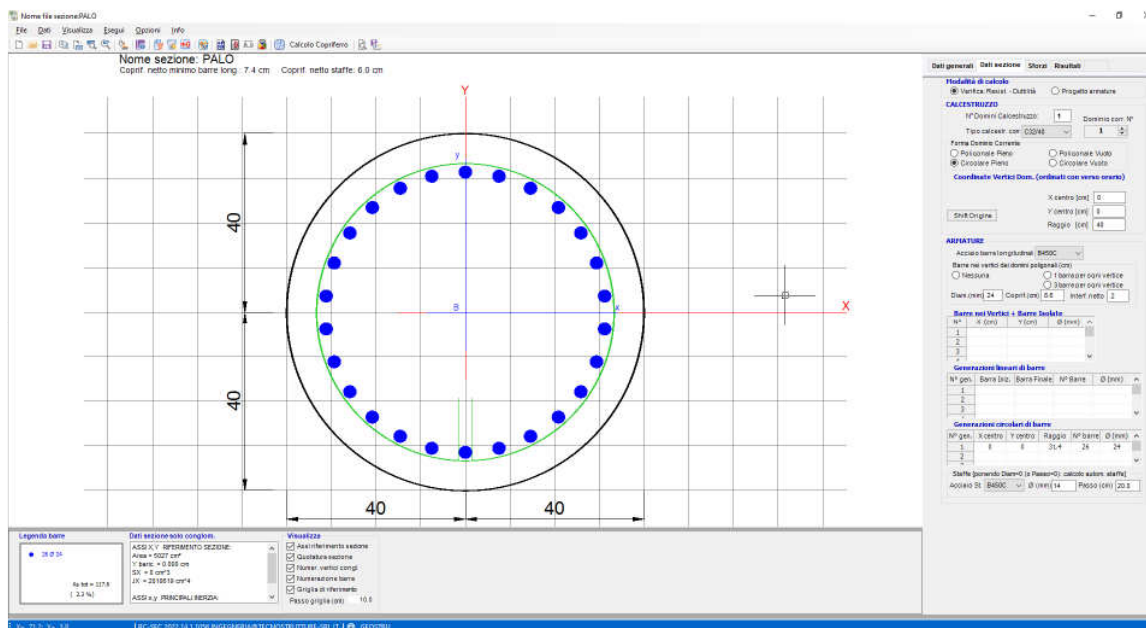
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 108 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Verifiche agli stati limite per presso-flessione

Di seguito si riporta il tabulato delle verifiche del palo da cui si evince che le verifiche sono soddisfatte:



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: PALO

Descrizione Sezione:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica di Pilastro
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Tipo di sollecitazione:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00		

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 109 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

0.50
360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C32/40

Raggio circ.: 40.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N° Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N° Barre	Ø
1	0.0	0.0	31.4	26	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	1518.68	700.86	525.22
2	-252.35	708.53	530.97

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	562.75	316.44	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	582.07	292.96 (282.82)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	530.17	222.50 (298.70)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpia in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	110 di 247

Copriero netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	5.2	cm
Copriero netto minimo staffe:	6.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1518.68	700.86	1518.56	1441.68	2.06	117.6(15.1)
2	S	-252.35	708.53	-252.27	1175.20	1.66	117.6(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	40.0	0.00251	0.0	31.4	-0.00472	0.0	-31.4
2	0.00350	0.0	40.0	0.00215	0.0	31.4	-0.00774	0.0	-31.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000115176	-0.001107049	----	----
2	0.000000000	0.000157489	-0.002799578	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	14 mm
Passo staffe:	20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna) I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	525.22	1366.42	754.47	59.6 50.1	72.5	2.500	1.161	10.7	15.4(0.0)
2	S	530.97	1220.03	815.89	62.8 54.2	69.5	2.500	1.000	10.0	15.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
-----	---

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	111 di 247

Sc max
Xc max, Yc max
Ss min
Xs min, Ys min
Ac eff.
As eff.

Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.71	0.0	0.0	-92.1	0.0	-31.4	594	22.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

sr max Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

wk Massima distanza tra le fessure [mm]

Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00058	0.00000	0.500	24.0	74	0.00028 (0.00028)	3590.099 (990.00)		275.11	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.23	0.0	0.0	-80.3	0.0	-31.4	594	22.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00051	0.00000	0.500	24.0	74	0.00024 (0.00024)	3590.086 (0.30)		282.82	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.75	0.0	0.0	-54.0	0.0	-31.4	594	22.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00035	0.00000	0.500	24.0	74	0.00016 (0.00016)	3590.058 (0.20)		298.70	0.00

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 112 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

14.DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo travi di larghezza unitaria soggette alla spinta del terreno e sovraccarico accidentale.

L'analisi fornisce i risultati in termini di sollecitazioni nelle sezioni più significative.

Il calcolo dei muri viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione e mensola verticale);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

A riguardo si precisa che i calcoli sono state effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria, mediante ausilio di un foglio elettronico compilato in Excel pubblicato dalla DEI "Tipografia del Genio Civile" facente parte del testo: Progetto e calcoli di Geotecnica con Excel".

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 DEI- Tipografia del Genio Civile, 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.



2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 113 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 114 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

14.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI

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 nel presente documento.

Denominazione ed Estremi di Licenza del Software

Titolo	Foglio di calcolo in Excel
Produttore	DEI Tipografia del Genio Civile
Utente	Tecnostrutture

Tipo di analisi svolta

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software impiegati ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le stesse società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati sono contenuti in apposita documentazione fornita a corredo dell'acquisto del prodotto, che per brevità espositiva si omette di allegare al presente documento.

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.



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 115 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

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.



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 116 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 2-H=3.00m

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

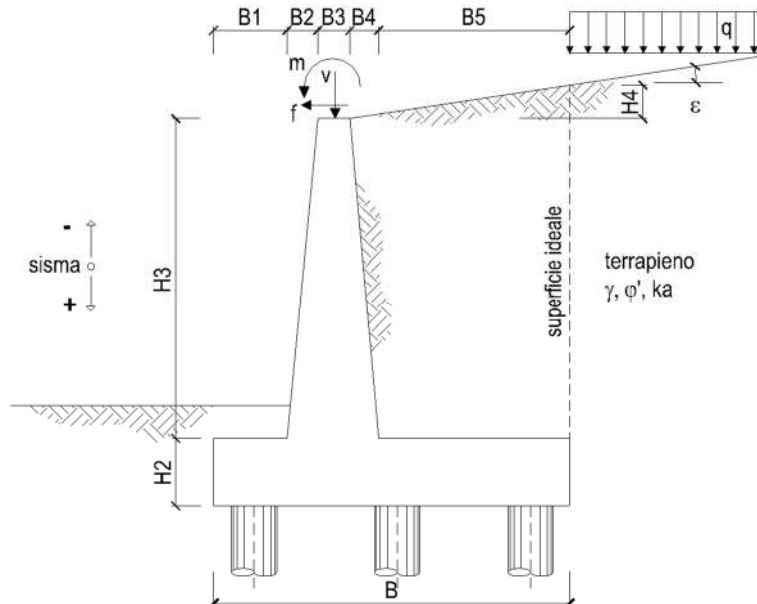
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	117 di 247



OPERA con Hmuro = 3.00 m

DATI DI PROGETTO:

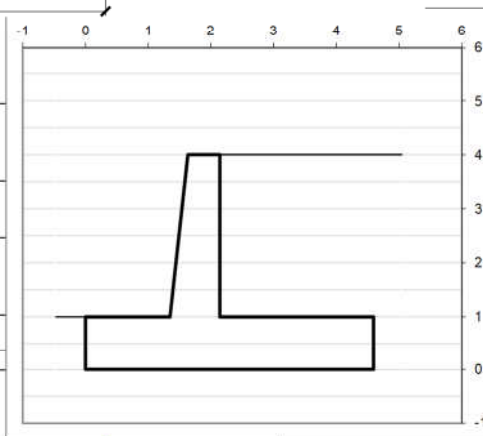
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	3.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.30	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.35	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.45	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ' =	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ' =	20.00	(kN/m ³)	
Dati Sismici	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε =	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro} =	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup. id}$ =	23.35	(°)	
	Accelerazione sismica	a_g/g =	0.220	(-)	S = 1.365 (-)
Dati Sismici	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m =	1.00	(-)
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	il muro ammette spostamenti? (si/no)	Coefficiente Categoria di Suolo		
	coefficiente sismico orizzontale	coefficiente sismico verticale	k_h =	0.3003	(-)
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	k_o =	0.426	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	k_{as+} =	0.44	(-)	0.443
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	k_{as-} =	0.55	(-)	0.553

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	22.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f =	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v =	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m =	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs =	22.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs =	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs =	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms =	0.00	(kNm/m)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	118 di 247

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti	temporanee variabili	
			sfavorevoli	sfavorevoli	tan φ'
SLU	☉	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	○	-	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno						
	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)	
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553
						Val. Norm.

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche					
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	33.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche					
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	33.00	(kN/m ²)
	Forze Orizzontali in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forze Verticali in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 11.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 37.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B7 \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 163.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pi)

$$\begin{aligned}
 Pi1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 147.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pi2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pi3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pi &= Pi1 + Pi2 + Pi3 &= & 147.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 17.44 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 71.25 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 284.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 353.19 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a taglio del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pi1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 433.13 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pi2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pi3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 433.13 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	119 di 247

CONDIZIONE STATICA (A1+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ko = 88.70 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ko = 56.29 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = St \cdot h \cdot (H2+H3+H4)/3 = 108.58 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq1 = Sq \cdot h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 103.36 \quad (\text{kNm/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 368.20 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St + Sq + f = 133.11 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1113.59 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 211.94 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 901.65 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

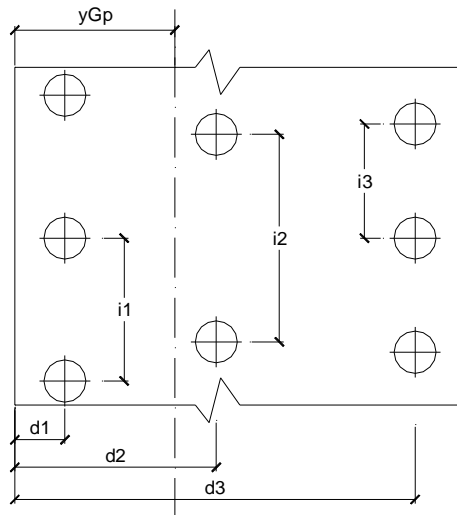
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 120 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	3.60 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	3.60 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp*Np - MM

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	Tp [kN/m]
statico	368.20	-54.79	133.11

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	586.90	738.62		239.61	319.73

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 121 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

γ_c = 1.9

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.60 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

γ_E = 1.00

γ_S = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

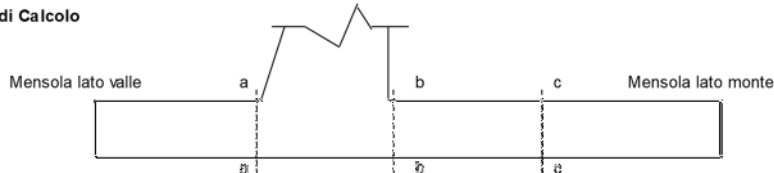
ϵ_{ys} = 0.19%

ϵ_{uk} = 3.000%

ϵ_{ud} = 2.700%

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - d_i) / i - PP^2 (1 + k_v) B_1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i (B_5 - B_1) / i - [PP^2 B_5^2 / 2 + p_a B_5^2 / 2 + (q_m - p_a) (B_5^2 / 3) (1 + k_v) - (B_5 + B_1) \cdot B_5]$$

$$M_c = \sum N_i (B_5 / 2 - B_1) / i - [PP^2 B_5^2 / 2 + p_a (B_5^2) / 2 + (q_m - p_a) (B_5^2 / 3) (1 + k_v) - (B_5 + B_1) \cdot B_5 / 2]$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio PP = 25.00 (kN/m)

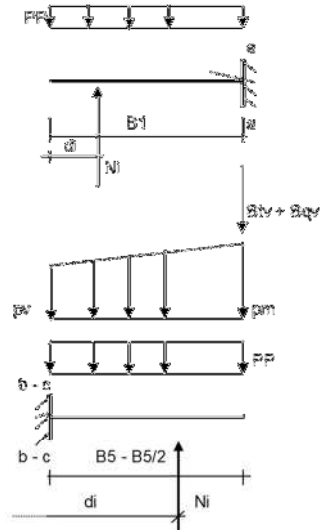
p_m = 78.00 (kN/m²)

p_{vb} = 78.00 (kN/m²)

p_{vc} = 78.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	34.28	-152.39	-147.66

Ta	Tb
[kN]	[kN]
129.28	-104.63



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

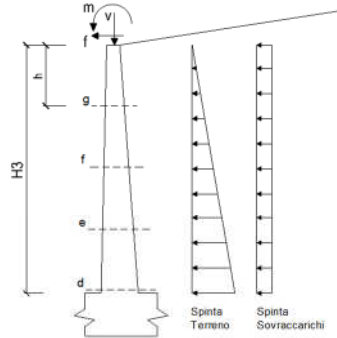
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 122 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	=	1.37
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		βm	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	k_a	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)			
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)			
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)				
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P \cdot m_i \cdot b_i \cdot k_i$$

(solo con sisma)

condizione statica

sezione	h [m]	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.00	45.81	38.76	0.00	84.57
e-e	2.25	25.77	29.07	0.00	54.84
f-f	1.50	11.45	19.38	0.00	30.83
g-g	0.75	2.86	9.69	0.00	12.55

condizione statica

sezione	h [m]	M _t	M _q	M _{ext}	M _{tot}	N _t	N _q	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.00	45.81	58.14	0.00	103.95	19.77	16.73	0.00	48.75	85.25
e-e	2.25	19.32	32.70	0.00	52.03	11.12	12.55	0.00	34.45	58.12
f-f	1.50	5.73	14.53	0.00	20.26	4.94	8.36	0.00	21.56	34.87
g-g	0.75	0.72	3.63	0.00	4.35	1.24	4.18	0.00	10.08	15.50

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

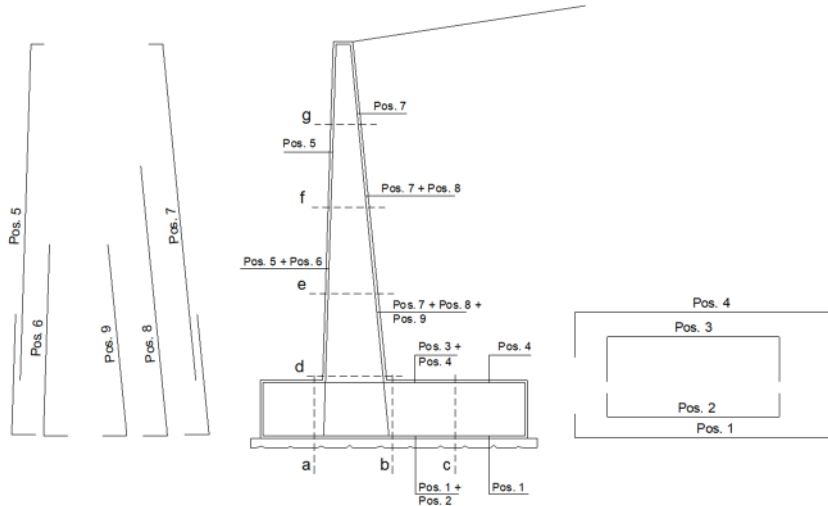
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 123 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

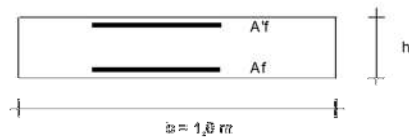


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-7-11-10-8
e-e pos 5-7-11-10-8
f-f pos 5-10-8
g-g pos 5-8

Sez.	Mud	Mud	Tud	It	Af	A'f	MRud	MRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a-a	94.26	0.00	128.26	1.00	15.71	15.71	555.33	0.00	264.25
b-b	-152.98	0.00	-104.03	1.00	15.71	15.71	555.33	0.00	264.25
d-d	109.05	85.25	94.57	0.90	15.71	10.05	405.91	95.25	245.98
e-e	52.03	56.12	54.94	0.73	15.71	10.05	405.95	56.12	226.06

(N.B.: M+ tende lo stirò di infrazzono, M- tende lo stirò di estrazzono)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 124 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'	
					sfavorevoli
SLU	○	caso A1+M1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A2+M1	1.00	1.30	1.00
SLV	⊙	Sismica+M1+R3	1.00	1.00	1.00
def.	○	-	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)	
Coeff. di Spinta a riposo sulla superficie ideale	ko	=	0.426	(-)	0.426
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	22.00	(kN/m ²)	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)	
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)	
Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)	
Condizioni Sismiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	22.00	(kN/m ²)	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)	
Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)	
Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)	

VERIFICHE GEOTECNICHE
A) FORZE VERTICALI
A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 11.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 37.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pmvl &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pmvl &= & 163.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 147.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H1 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 147.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO
B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 17.44 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 71.25 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 284.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 353.19 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tempo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 486.13 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 486.13 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 125 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE SISMICA +

(SISMA+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst1 = a_g/g * S^* \gamma^* (H2+H3+H4)^2 = 96.10 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = qs^* (H2+H3+H4) * kas^* = 38.97 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 * \cos \delta = 88.23 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 * \cos \delta = 35.78 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 * \sin \delta = 38.08 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 * \sin \delta = 15.44 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica +

$$MSst1 = MSst1 + Sst1h^* (H2+H3+H4)/2 = 259.98 \text{ (kNm)} \quad \text{- Momento dovuto alla spinta a riposo+Incremento sismico}$$

$$MSst2 = Sst1v^* B = 175.17 \text{ (kNm)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h^* (H2+H3+H4)/2 = 71.57 \text{ (kNm)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v^* B = 71.04 \text{ (kNm)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm^* kh = 49.17 \text{ (kN/m)}$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt^* kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt^* kv = 22.07 \text{ (kN/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh^* Pm1^* (H2+H3)/3 = 6.76 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh^* Pm2^* (H2 + H3)/2 = 28.15 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh^* Pm3^* (H2+H3)/3 = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh^* Pm4^* (H2/2) = 17.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1+MPs2+MPs3+MPs4 = 52.18 \text{ (kNm/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh^* Pt1^* ((H2 + H3/2) - (B - B5/2)^* 0.5) = 35.87 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh^* Pt2^* ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)^* 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh^* Pt3^* ((H2+H3^*2/3)-(B1+B2+B3+2/3^*B4)^*0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 35.87 \text{ (kNm/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = ms = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = fs^* (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = vs^* (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 413.38 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 279.97 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1095.52 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + Mpts = 419.59 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 675.93 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 126 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE SISMICA -

(SISMA+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica -

$$Sst2 = a_g/g * S^* \gamma * (H2+H3+H4)^2 = 96.10 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = qs * (H2+H3+H4) * kas = 48.68 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 * \cos \delta = 88.23 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2h = Ssq2 * \cos \delta = 44.69 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 * \sin \delta = 38.08 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2v = Ssq2 * \sin \delta = 19.29 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica -

$$MSst1 = MSst1 + Sst2h * (H2+H3+H4)/2 = 259.98 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst2v * B = 175.17 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h * (H2+H3+H4)/2 = 89.39 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq2v * B = 88.73 \text{ (kN/m)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm * kh = 49.17 \text{ (kN/m)}$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt * kh = 44.14 \text{ (kN/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh * Pm1 * (H2+H3)/3 = 6.76 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh * Pm2 * (H2 + H3/2) = 28.15 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh * Pm3 * (H2+H3)/3 = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh * Pm4 * (H2/2) = 17.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 52.18 \text{ (kNm/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = ms = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = fs * (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = vs * (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 373.08 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 288.88 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1113.21 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + Mpts = 586.40 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 526.81 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

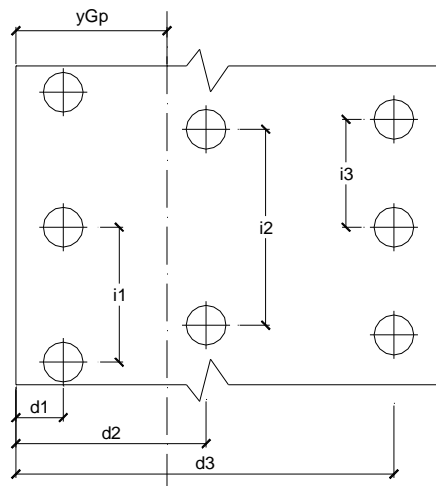
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 127 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	3.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	3.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p	M_p	T_p
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
sisma+	413.38	274.85	279.97
sisma-	373.08	331.28	288.88

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
sisma+	1124.65	363.53		503.95	672.48
sisma-	1130.25	212.86		519.99	693.88

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 128 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

γ_c = 1.9

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.60 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

γ_E = 1.00

γ_S = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

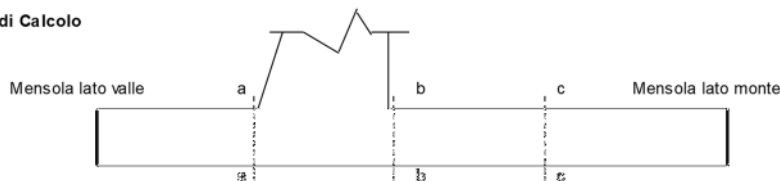
ϵ_{ys} = 0.19%

ϵ_{uk} = 3.000%

ϵ_{ud} = 2.700%

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - d_i) / 6 - PP (1/2) B_1^2$$

\sum sovraccarichi e tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i (B_5 - d_i) / 6 - [PP B_5^2 / 2 + p_{av} B_5^2 / 2 + q_{sm} - p_{av} B_5^2 / 3] (1/2) - (B_5 - B_5/2) q_{sp} B_5$$

$$M_c = \sum N_i (B_5/2 - d_i) / 6 - [PP (B_5/2)^2 / 2 + p_{av} (B_5/2)^2 / 2 + q_{sm} - p_{av} (B_5/2)^2 / 3] (1/2) - (B_5 - B_5/2) q_{sp} B_5/2$$

\sum sovraccarichi e tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio PP = 25.00 (kN/m)

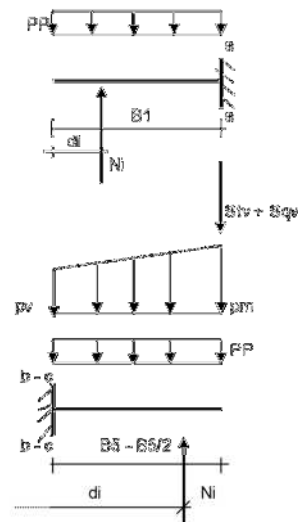
p_m = 60.00 (kN/m²)

p_{vb} = 60.00 (kN/m²)

p_{vc} = 60.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
sisma+	83.14	-278.12	-138.92
sisma-	90.52	-271.62	-124.48

	Ta	Tb
	[kN]	[kN]
sisma+	273.58	-192.06
sisma-	285.27	-175.22



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

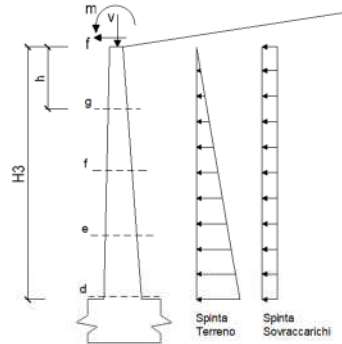
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N _i .prog 01	Rev. B	Pag. di Pag. 129 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553		
	componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)			
	componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)			

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 / 3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 + a_g / g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 / 2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$$

(solo con sisma)

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{ext} [kN/m]	T _{inerzia} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	3.00	92.43	26.84	0.00	14.64	133.91
e-e	2.25	51.99	20.13	0.00	10.35	82.47
f-f	1.50	23.11	13.42	0.00	6.48	43.00
g-g	0.75	15.91	6.71	0.00	3.03	25.65

condizione sismica +

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	3.00	119.46	40.26	0.00	20.27	179.99	18.17	11.58	0.00	56.07	85.82
e-e	2.25	50.40	22.64	0.00	10.93	83.97	10.22	8.69	0.00	39.63	58.53
f-f	1.50	14.93	10.06	0.00	4.65	29.64	4.54	5.79	0.00	24.80	35.13
g-g	0.75	1.87	2.52	0.00	1.11	5.49	1.14	2.90	0.00	11.59	15.62

condizione sismica -

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	3.00	119.46	50.28	0.00	20.27	190.01	16.77	14.47	0.00	41.43	72.66
e-e	2.25	50.40	28.28	0.00	10.93	89.61	9.43	10.85	0.00	29.28	49.56
f-f	1.50	14.93	12.57	0.00	4.65	32.15	4.19	7.23	0.00	18.32	29.75
g-g	0.75	1.87	3.14	0.00	1.11	6.12	1.05	3.62	0.00	8.56	13.23

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

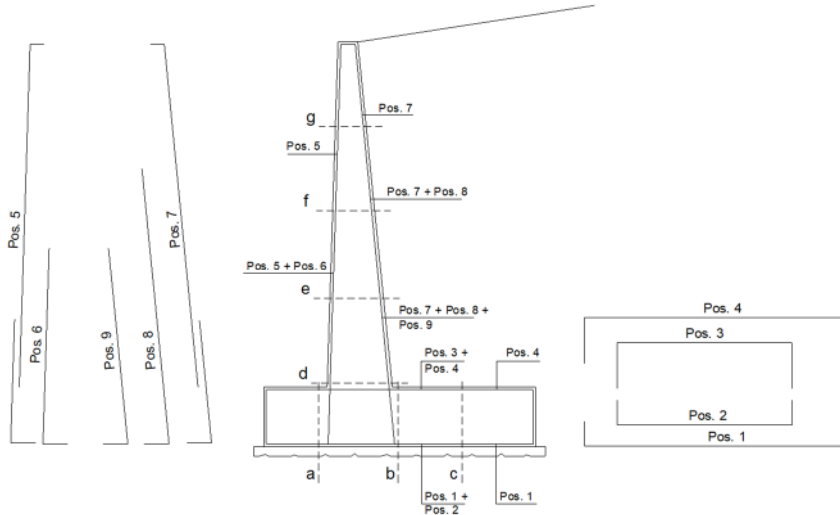
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 130 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

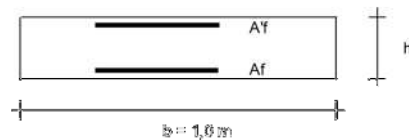


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	16.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7	5.0	20.0
4	5.0	20.0	8	0.0	0.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-7-11-10-8
e-e pos 5-7-11-10-8
f-f pos 5-10-8
g-g pos 5-8

Sez.	M _{inf}	M _{sup}	T _{inf}	h	A _f	A _c	M _{inf}	M _{sup}	T _{inf}
(-)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kNm)	(kN)
a-a	50.52	0.00	252.27	1.00	15.71	15.71	523.03	0.00	264.25
b-b	-273.12	0.00	132.00	1.00	15.71	15.71	523.03	0.00	264.25
d-d	163.61	22.66	139.09	0.60	15.71	10.05	401.00	22.66	345.00
e-e	60.81	-40.33	62.47	0.75	15.71	10.05	401.00	-40.33	220.00

(q₁: M = fondo lo filare di indagine, M = fondo lo filare di costruzione)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	131 di 247

coefficienti parziali					
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti	temporanee variabili	tan φ'
			sfavorevoli	sfavorevoli	
SUD	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	●	SLE_RARA	1.00	1.00	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 11.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 37.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 163.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma') &= & 147.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma') &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma') / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 147.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 17.44 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 71.25 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 264.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 353.19 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 496.13 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 496.13 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 132 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 68.23 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 37.53 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 62.64 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 34.45 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 27.04 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 14.87 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 83.52 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St \cdot v \cdot B = 124.37 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 68.91 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 68.40 \text{ (kNm)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 352.66 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1042.08 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 152.43 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 889.65 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

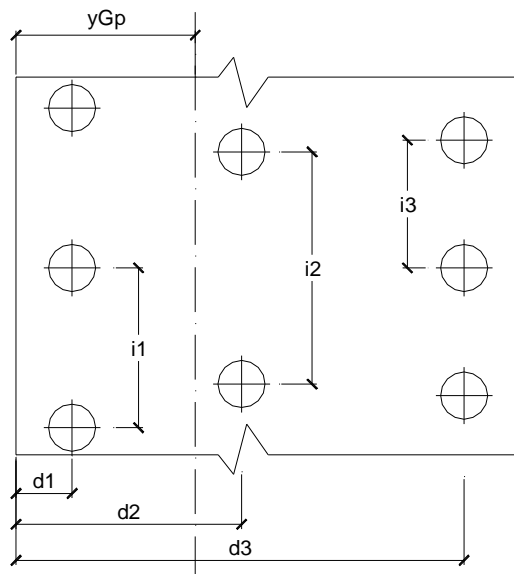
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 133 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	3.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	3.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)
Asse Baricentrico della Palificata	(yGp)	=	2.300	(m)		

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN]	[kNm]	[kN/m]
statico	352.66	-78.54	97.10

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	526.03	743.53		174.77	233.22

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 134 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLI STATICI

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Coprifero

c = 6.60 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Coprifero minimo di normativa

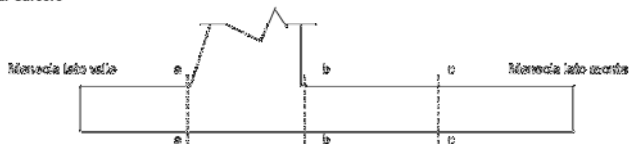
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w₂ = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Manovella Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (x_i - d) / 4 - P P' (L_a + L_b) / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti nella manovella

Manovella Lato Monte

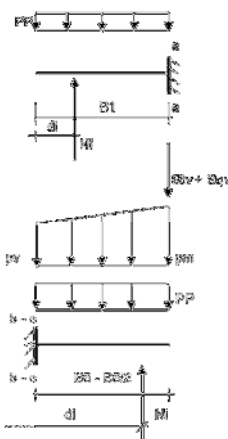
$$M_b = \sum N_i (x_i - d) / 2 - [P P' (L_a + L_b) / 2 + p a^2 (L_a + L_b) + (p a - p a') (L_a + L_b) / 2 - p a' (L_a + L_b) + p a' (L_a + L_b) / 2]$$

$$M_c = \sum N_i (x_i - d) / 2 - [P P' (L_a + L_b) / 2 + p a^2 (L_a + L_b) + (p a - p a') (L_a + L_b) / 2 - p a' (L_a + L_b) + p a' (L_a + L_b) / 2]$$

Σ estesa a tutti i pali presenti nella manovella

Peso Pileato	PP	=	25.763	[kN/m]
	pa	=	71.763	[kN/m ²]
	pa'	=	76.000	[kN/m ²]
	pa''	=	76.000	[kN/m ²]

	M _a	M _b	M _c
estremo	[kNm]	[kNm]	[kNm]
estremo	28.368	-112.322	-82.155



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

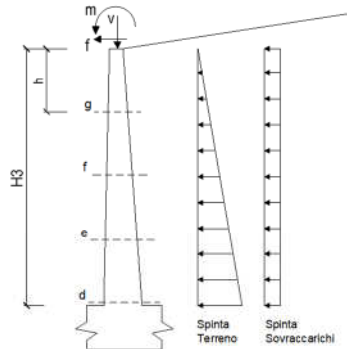
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 135 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00				(-)
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no				$r = 1$	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)	0.426			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)				
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)				
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)				
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)	0.443			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)				
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)				
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)	0.553			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)					
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)					
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)					

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$\text{o } \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{terreno} = \frac{2}{3} F \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \quad (\text{solo con sisma})$$

$$M_{s} = \frac{1}{2} K_{s,vert} \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)^2 \cdot h/3$$

$$M_{q,s} = K_{s,vert} \cdot q \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{ext,s} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{terreno,s} = \frac{2}{3} F \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)^2 \cdot h/3$$

sez./strada	CARICAZIONE SISMICA									
	M_t	M_q	M_{ext}	$M_{terreno}$	M_s	$M_{q,s}$	$M_{ext,s}$	$M_{terreno,s}$	$M_{s,vert}$	$M_{q,vert}$
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
e-d	3.00	35.24	38.78	0.00	74.00	15.21	11.15	0.00	48.75	75.11
e-e	2.25	14.87	21.60	0.00	38.87	8.55	8.58	0.00	34.45	51.37
f-f	1.50	4.43	8.85	0.00	14.00	3.80	5.58	0.00	21.58	30.94
g-g	0.75	0.55	2.42	0.00	2.97	0.95	2.79	0.00	10.68	13.82

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

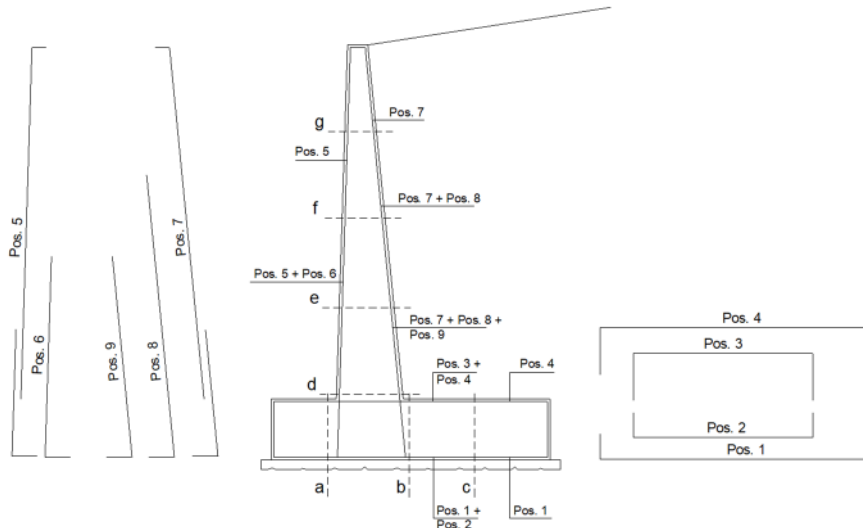
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 136 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

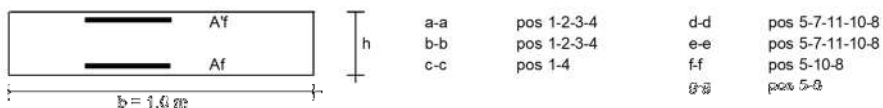


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	16.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7	5.0	20.0
4	5.0	20.0	8	0.0	0.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



Condizioni Statiche

Sez.	S	M	h	Af	Af'	ms	ms'
(-)	(kNm)	(kNm)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)
a-a	26.39	0.66	1.00	15.71	15.71	0.32	20.94
b-b	-112.32	0.69	1.00	15.71	15.71	1.28	81.78
d-d	74.00	75.11	0.96	15.71	16.06	1.28	57.23
e-e	38.97	91.37	0.73	7.96	16.06	0.88	54.03

(n.b.: Af tende le fibre di intradosso, Af' tende le fibre di estradosso)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 137 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SLD	○ caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○ caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○ sismica	1.00	1.00	1.25
def.	● SLE_FR	1.00	0.75	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 11.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 37.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 163.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 147.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 147.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 17.44 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 71.25 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 264.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 353.19 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 496.13 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 496.13 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 138 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 68.23 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 37.53 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 62.64 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 34.45 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 27.04 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 14.87 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 83.52 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSt2 = St \cdot v \cdot B = 124.37 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 68.91 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 68.40 \quad (\text{kNm/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 352.66 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1042.08 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 152.43 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 889.65 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

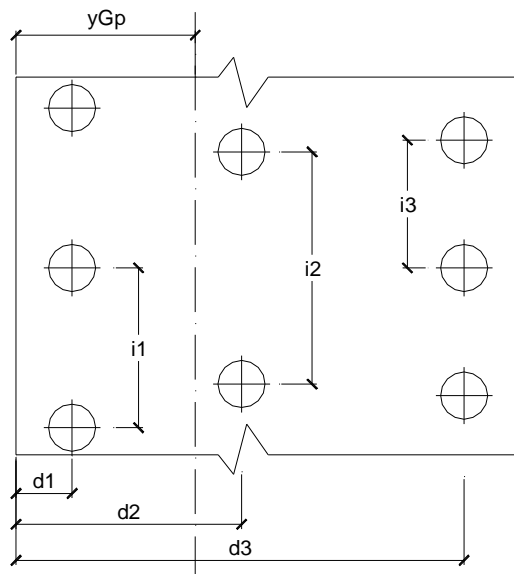
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 139 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	3.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	3.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p [kN]	M_p [kNm]	T_p [kN/m]
statico	352.66	-78.54	97.10

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	526.03	743.53		174.77	233.22

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 140 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.60 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

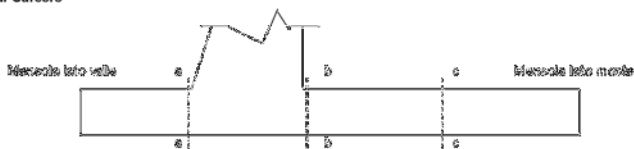
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w2 = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_{av} = \sum (P_i \cdot (a_i - a_0) / 2) - P_{av} \cdot (a_0 - a_0) / 2$$

Σ calcoli a tutti i poli presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

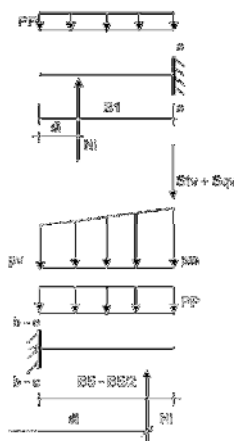
$$M_{mv} = \sum (P_i \cdot (b_i - b_0) / 2) - [P_{mv} \cdot (b_0 - b_0) / 2 + p_{av} \cdot (b_0 - b_0) / 2 + (p_{mv} - p_{av}) \cdot (b_0 - b_0) / 2]$$

$$M_{mv} = \sum (P_i \cdot (b_i - b_0) / 2) - [P_{mv} \cdot (b_0 - b_0) / 2 + p_{av} \cdot (b_0 - b_0) / 2 + (p_{mv} - p_{av}) \cdot (b_0 - b_0) / 2]$$

Σ calcoli a tutti i poli presenti sulla mensola

Pressi Presorte	PP	=	26.00	(kN/m)
	pm	=	76.00	(kN/m ²)
	pv	=	76.00	(kN/m ²)
	pw	=	76.00	(kN/m ²)

	M _{av}	M _{mv}	M ₀
calcoli	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
risultato	28.85	-112.82	-28.85



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

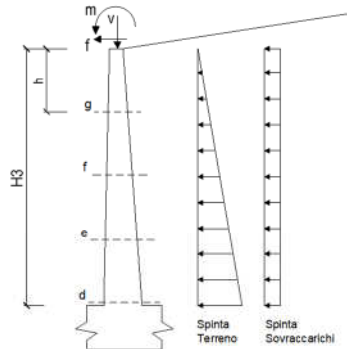
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	141 di 247

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S = 1.365	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00		(-)
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	r = 1		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)		
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)		0.426
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)		0.443
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)		0.553
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)			
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)	0.219		
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)			

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$\text{o } \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{terreno} = \frac{2}{3} F \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \text{ (solo con sisma)}$$

$$M_{s} = \frac{1}{2} K_{s,vert} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{s,h} = K_{s,horiz} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{s,ext} = m$$

$$M_{s,terreno} = \frac{2}{3} F \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

sezione	caratteristiche sezioni									
	h	b _{te}	b _{tr}	b _{base}	b _{top}	M _t	M _q	M _{ext}	M _{terreno}	M _s
	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
e-d	3.00	35.24	38.78	0.00	74.00	15.21	11.15	0.00	48.75	75.11
e-e	2.25	14.87	21.60	0.00	36.87	8.55	8.58	0.00	34.45	51.37
f-f	1.50	4.43	8.85	0.00	14.00	3.80	5.58	0.00	21.58	30.94
g-g	0.75	0.55	2.42	0.00	2.97	0.95	2.79	0.00	10.68	13.82

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

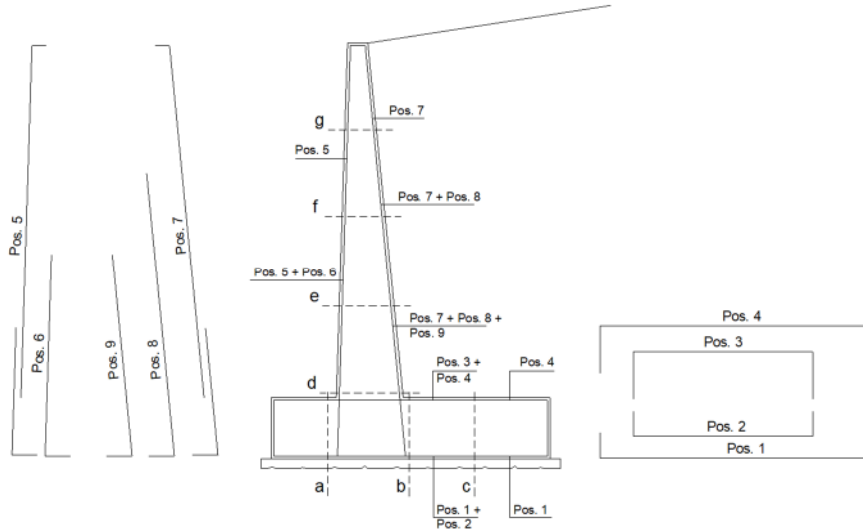
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 142 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

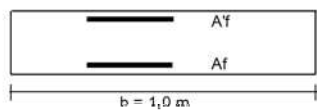


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizioni Statiche

Sez.	M	N	H	Af	Af'	σc	σf	σR	σmax
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)
s-s	28.28	0.00	1.00	15.71	15.71	0.32	20.84	0.028	0.300
b-b	-112.32	0.00	1.00	15.71	15.71	1.28	81.78	0.112	0.300
d-d	74.09	75.11	0.80	15.71	10.05	1.28	47.23	0.089	0.300
e-e	36.87	81.37	0.75	15.71	10.05	0.75	23.47	0.028	0.300

(n.b.: Af tende le fibre di intradosso, Af' tende le fibre di estradosso)

N.B. La condizione statica si assume come sezione di larghezza d'unità (p=0.5).

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 143 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SLD	○ caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○ caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○ sismica	1.00	1.00	1.25
def.	● SLE_QP	1.00	0.00	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 11.25 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) = 37.50 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) = 115.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 = 163.75 \text{ (kN/m)}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) = 147.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3 = 147.00 \text{ (kN/m)}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) = 17.44 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) = 71.25 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2) = 264.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 = 353.19 \text{ (kNm/m)}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) = 496.13 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3 = 496.13 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 144 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 68.23 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka = 37.53 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 62.64 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 34.45 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 27.04 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 14.87 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 83.52 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 124.37 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 68.91 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 68.40 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 352.66 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1042.08 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 152.43 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 889.65 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

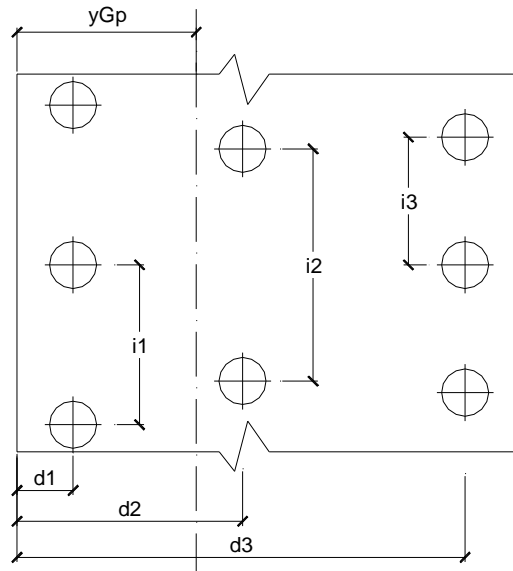
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 145 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	3.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	3.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p [kN]	M_p [kNm]	T_p [kN/m]
statico	352.66	-78.54	97.10

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	526.03	743.53		174.77	233.22

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 146 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.60 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

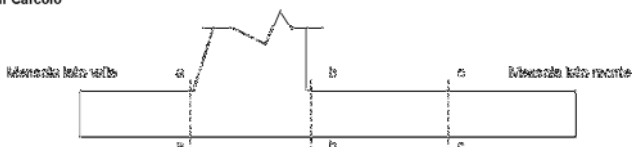
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Elemento Lato Valle

$$M_{Ed} = \sum N_i (B_i - c) / 2 - PP \cdot (a + B_i - c) / 2$$

Σ azioni e tutti i poli presenti sulla travata

Elemento Lato Monte

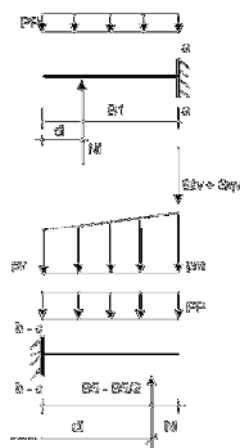
$$M_{Ed} = \sum N_i (B_i - c) / 2 - [PP \cdot B_i^2 / 2 + p_{av} \cdot B_i^2 / 2 + q_{av} \cdot (p_{av} \cdot B_i^2 / 2) / (1 + \alpha) - q_{av} \cdot B_i \cdot c] + B_i \cdot c \cdot q_{av}$$

$$M_{Ed} = \sum N_i (B_i / 2 - c) / 2 - [PP \cdot B_i^2 / 2 + p_{av} \cdot B_i^2 / 2 + q_{av} \cdot (p_{av} \cdot B_i^2 / 2) / (1 + \alpha) - (B_i \cdot c) \cdot q_{av}] + B_i \cdot c \cdot q_{av}$$

Σ azioni e tutti i poli presenti sulla travata

Peso Proprio	PP	=	20.00	(kN/m)
	q _{av}	=	75.00	(kN/m ²)
	p _{av}	=	70.00	(kN/m ²)
	q _{av}	=	70.00	(kN/m ²)

azione	M _{Ed}	M _{Ed}	M _{Ed}
	(kNm/m)	(kNm/m)	(kNm/m)
valore	23.39	-112.32	-32.15



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

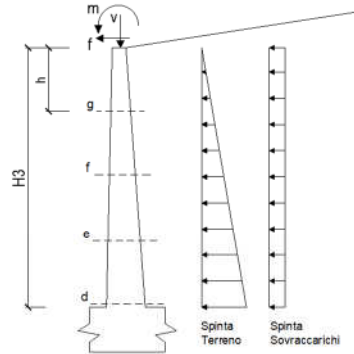
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 147 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no			$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 + a_g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 / 2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{sost} = 2 \cdot F_{m} \cdot h \cdot \gamma \cdot h \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h \cdot (1 + \sin^2 \alpha)$$

$$N_q = K_o \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{sost} = 2 \cdot F_{m} \cdot (1.5 \cdot h)$$

condizioni sezioni

sezione	h	M_t	M_q	M_{ext}	M_{sost}	N_t	N_q	N_{ext}	N_{sost}	N_{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1-1	3.00	35.24	30.78	0.00	74.00	15.21	11.15	0.00	40.75	75.11
2-2	2.55	14.87	21.80	0.00	30.07	8.55	8.30	0.00	34.45	51.37
3-3	1.80	4.40	9.89	0.00	16.05	3.80	5.53	0.00	21.83	30.94
4-4	0.75	0.66	2.42	0.00	2.97	0.95	2.75	0.00	10.83	13.82

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

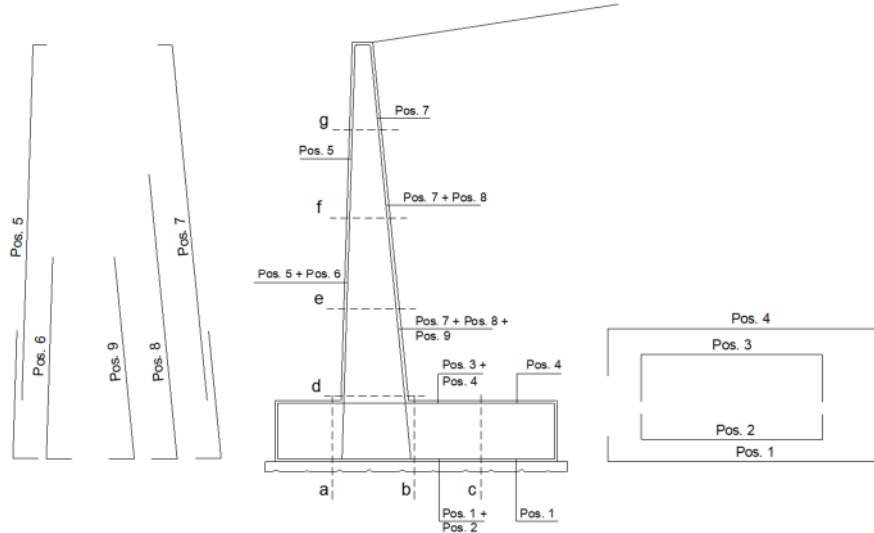
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 148 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

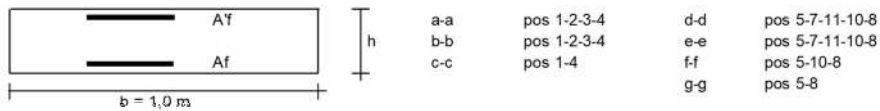


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



Condizione Statica

Sez.	M	M	h	Af	AT	σc	σf	Wk	Wkreq
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)	(mm)	(mm)
a - a	26.38	0.00	1.00	15.71	15.71	0.32	20.64	0.026	0.200
b - b	-112.32	0.00	1.00	15.71	15.71	1.20	81.70	0.112	0.200
d - d	74.00	75.11	0.60	15.71	10.05	1.26	47.23	0.050	0.200
e - e	35.67	51.37	0.73	31.42	10.05	0.51	12.65	0.012	0.200

(n.b.: M+ tensile le fibre di intradosso, M- tensile le fibre di estradosso)

N.B. La condizione critica di assente come azione di lunga durata è rispettata ($\mu_2=0.5$).



2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 149 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

ALLEGATO 2

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 2-H=4.00m

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

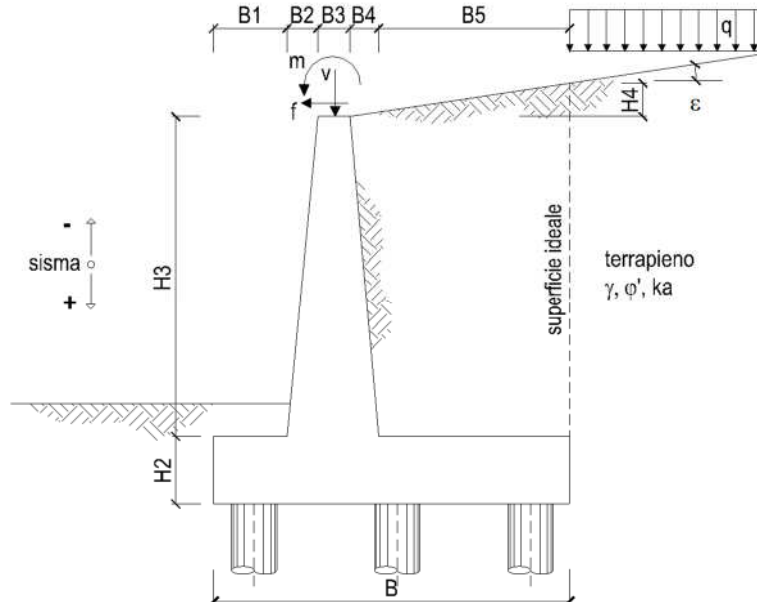
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 150 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------



OPERA con Hmuro = 4.00 m

DATI DI PROGETTO:

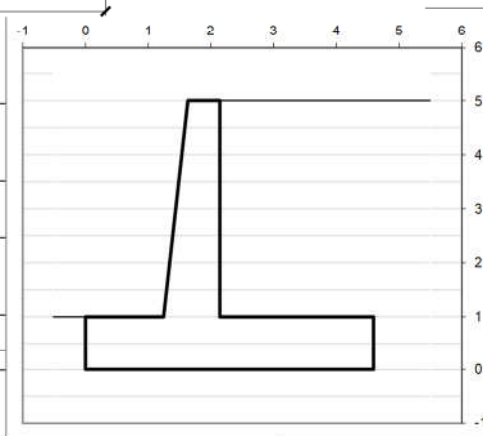
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	4.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.40	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.25	(m)
Suola Lato Monte	bb =	2.40	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' =$	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' =$	20.00	(kN/m ³)	
Dati Sismici	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon =$	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} =$	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup.id} =$	23.35	(°)	
	Accelerazione sismica	$a_g/g =$	0.220	(-)	S = 1.365 (-)
Dati Sismici	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta_m =$	1.00	(-)
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	il muro ammette spostamenti? (si/no)	Coefficiente Categoria di Suolo		
Coeff. Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$k_h =$	0.3003	(-)	
	coefficiente sismico verticale	$k_v =$	0.1502	(-)	
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_o =$	0.426	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$k_{as+} =$	0.44	(-)	0.443
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$k_{as-} =$	0.55	(-)	0.553

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	30.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f =	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v =	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m =	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs =	21.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs =	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs =	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms =	0.00	(kNm/m)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	151 di 247

	SLU	caso	coefficienti parziali		tan φ'
			azioni		
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	
●	●	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
○	○	sismica	1.00	1.00	1.25
○	○	--	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	=	26.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)	
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553
						Val. Norm.

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	45.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	31.50	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 = (32*18*γ _{ts})/2	=	20.00	(kN/m)
Pm2 = (35*18*γ _{ts})	=	50.00	(kN/m)
Pm3 = (34*18*γ _{ts})/2	=	0.00	(kN/m)
Pm4 = (37*12*γ _{ts})	=	115.00	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	185.00	(kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P_T)

P _{T1} = (35*18*γ)	=	188.00	(kN/m)
P _{T2} = (0.5*(34+35)*18*γ)	=	0.00	(kN/m)
P _{T3} = (34*18*γ)/2	=	0.00	(kN/m)
P _T = P _{T1} + P _{T2} + P _{T3}	=	188.00	(kN/m)

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL FIDRE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3*B2)	=	30.33	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	95.00	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3*B4)	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	284.50	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	389.83	(kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

M _{T1} = P _{T1} *(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	661.50	(kNm/m)
M _{T2} = P _{T2} *(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
M _{T3} = P _{T3} *(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	0.00	(kNm/m)
M _T = M _{T1} + M _{T2} + M _{T3}	=	661.50	(kNm/m)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 152 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA (A1+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ko = 138.59 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ko = 95.95 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MS11 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 212.07 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 220.23 \text{ (kN/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 473.94 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 215.33 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS12 + MSq2 + Mfext3 = 1478.85 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS11 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 432.30 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1046.55 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

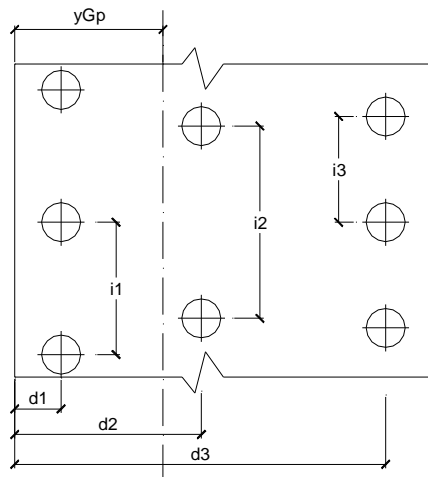
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 153 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.60 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.60 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	Tp [kN/m]
statico	473.94	43.51	215.33

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	659.63	572.61		279.93	373.55

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 154 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 1.9$

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.80 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

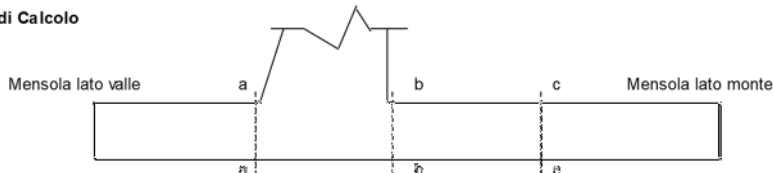
$\epsilon_{ys} = 0.19\%$

$\epsilon_{uk} = 3.000\%$

$\epsilon_{ud} = 2.700\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - d_i) / i - PP^2 (1 + k_v) B_1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i B_5 (B - d_i) / i - [PP^2 B_5^2 / 2 + p_a B_5^2 / 2 + (q_m - p_a) B_5^2 / 3] (1 + k_v) - (B_m + B_q) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i B_5 / 2 (B - d_i) / i - [PP^2 B_5^2 / 2 + p_a (B_5^2) / 2 + (q_m - p_a) (B_5^2) / 3] (1 + k_v) - (B_m + B_q) \cdot B_5 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio PP = 25.00 (kN/m)

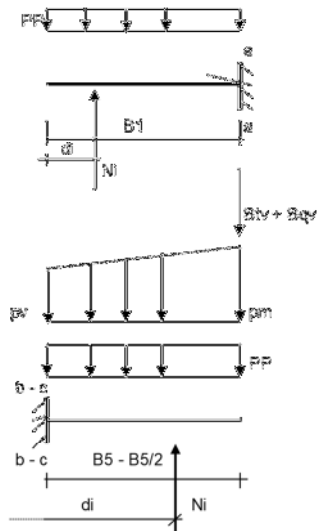
p_m = 104.00 (kN/m²)

p_b = 104.00 (kN/m²)

p_c = 104.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	43.89	-295.52	-210.64

Ta	Tb
[kN]	[kN]
222.45	-188.75



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

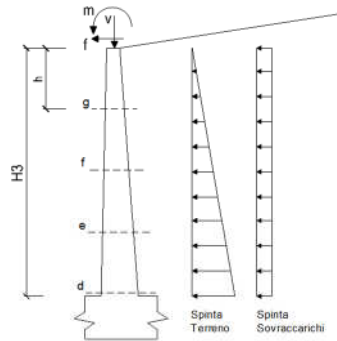
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscampa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 155 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	=	1.37
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		βm	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_{a, \text{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P \cdot m_i \cdot b_i \cdot k_i$$

(solo con sisma)

condizione statica

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{ext} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	4.00	81.44	70.47	0.00	151.91
e-e	3.00	45.81	52.85	0.00	98.66
f-f	2.00	20.36	35.24	0.00	55.60
g-g	1.00	5.09	17.62	0.00	22.71

condizione statica

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	4.00	108.58	140.95	0.00	249.53	35.15	30.42	0.00	70.00	135.56
e-e	3.00	45.81	79.28	0.00	125.09	19.77	22.81	0.00	48.75	91.33
f-f	2.00	13.57	35.24	0.00	48.81	8.79	15.21	0.00	30.00	53.99
g-g	1.00	1.70	8.81	0.00	10.51	2.20	7.60	0.00	13.75	23.55

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

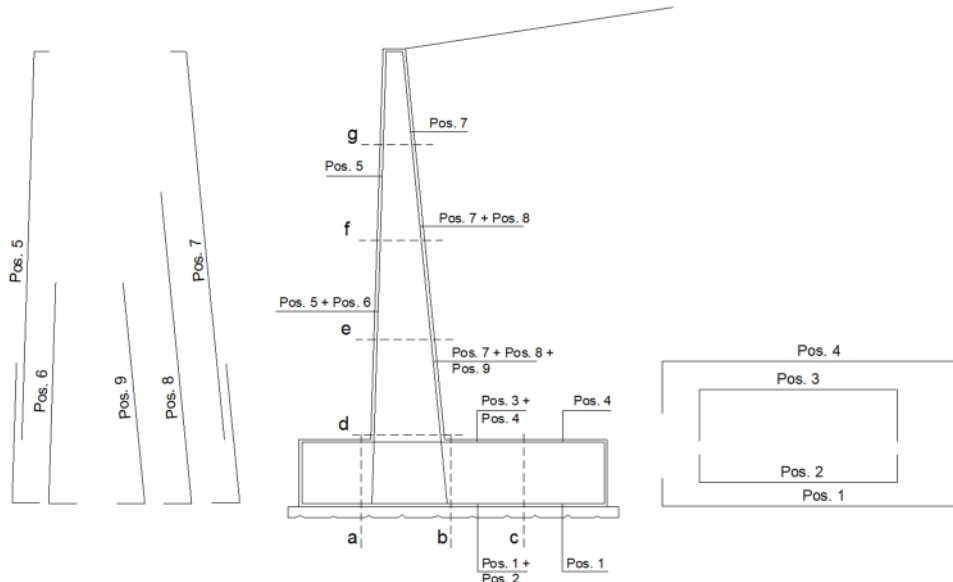
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 156 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

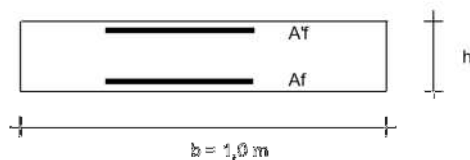


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-7-11-10-8
e-e pos 5-7-11-10-8
f-f pos 5-10-8
g-g pos 5-8

Sez.	M _{Ed} (kNm)	N _{Ed} (kN)	T _{Ed} (kN)	h (m)	A _f (cm ²)	A _y (cm ²)	M _{Ed} (kNm)	N _{Ed} (kN)	T _{Ed} (kN)
a - a	43.86	0.00	222.45	1.00	15.71	22.62	157.39	0.00	263.97
b - b	-296.62	0.00	-188.78	1.00	22.62	15.71	793.56	0.00	298.08
d - d	248.63	136.68	161.91	0.80	22.62	15.71	767.76	136.68	300.27
e - e	125.09	91.33	98.66	0.80	22.62	15.71	647.97	91.33	278.59

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 157 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti	temporanee variabili	tan φ'
	○	caso A1+M1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A2+M1	1.00	1.30	1.00
	●	Sismica+M1+R3	1.00	1.00	1.00
def.	○	-	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno						
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)		
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)		
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)		
Coef. Spinta	Coef. di Spinta a riposo sulla superficie ideale	ko	=	0.426	(-)	0.426
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553
					Val. Norm.	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(kN/m ²)	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)	
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)	
Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)	
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	21.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
A) FORZE VERTICALI
A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 20.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 50.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 185.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 180.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 180.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO
B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (S1 + 2/3 \cdot B2) &= & 30.33 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (S1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 95.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (S1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 284.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 389.83 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tempo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (S1 + S2 + S3 + S4 + 0.5 \cdot S5) &= & 661.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (S1 + S2 + S3 + 2/3 \cdot (S4 + S5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (S1 + S2 + S3 + 2/3 \cdot S4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 661.50 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscampa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 158 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE SISMICA +

(SISMA+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst1 = a_g \cdot g \cdot S \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4)^2 = 150.15 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = q_s \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_{as} = 46.50 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 137.86 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 \cdot \cos \delta = 42.70 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 59.50 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 \cdot \sin \delta = 18.43 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica +

$$MSst1 = MSst1 + Sst1h \cdot (H2 + H3 + H4) / 2 = 507.78 \text{ (kN/m)} \quad \text{- Momento dovuto alla spinta a riposo + Incremento sismico}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 273.70 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot (H2 + H3 + H4) / 2 = 106.74 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v \cdot B = 84.77 \text{ (kN/m)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 55.56 \text{ (kN/m)}$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 58.86 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptshv = P_t \cdot kv = 29.43 \text{ (kN/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh \cdot P_m \cdot (H2 + H3) / 3 = 14.01 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot P_m \cdot (H2 + H3) / 2 = 45.05 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot P_m \cdot (H2 + H3) / 3 = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot P_m \cdot (H2) / 2 = 17.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 76.33 \text{ (kNm/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh \cdot P_t \cdot ((H2 + H3) / 2 - (B - B5/2) \cdot 0.5) = 77.25 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh \cdot P_t \cdot ((H2 + H3 + H4) / 3 - (B - B5/3) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh \cdot P_t \cdot ((H2 + H3) / 2) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5 = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 77.25 \text{ (kNm/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m_s = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f_s \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v_s \cdot (B1 + B2 + B3) / 2 = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptshv = 530.60 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + f_s + Ps + Ptsh = 392.85 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1409.80 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + Mpts = 768.09 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 641.70 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 159 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE SISMICA - (SISMA+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica -

$$Sst2 = a_g \cdot S \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4)^2 = 150.15 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2 = q_s \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_{as} = 58.08 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 137.86 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2h = Ssq2 \cdot \cos \delta = 53.33 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 59.50 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2v = Ssq2 \cdot \sin \delta = 23.02 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica -

$$MSst1 = MSst1 + Sst2h \cdot (H2 + H3 + H4) / 2 = 507.78 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 273.70 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot (H2 + H3 + H4) / 2 = 133.32 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq2 = Ssq2v \cdot B = 105.87 \quad (\text{kN/m})$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 55.56 \quad (\text{kN/m})$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 58.86 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kv = -29.43 \quad (\text{kN/m})$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh \cdot P_m \cdot (H2 + H3) / 3 = 14.01 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot P_m \cdot (H2 + H3) / 2 = 45.05 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot P_m \cdot (H2 + H3) / 3 = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot P_m \cdot (H2) / 2 = 17.27 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 76.33 \quad (\text{kNm/m})$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh \cdot P_t \cdot ((H2 + H3) / 2 + (B - B5) / 2) \cdot 0.5 = 275.90 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts2 = kh \cdot P_t \cdot ((H2 + H3 + H4) / 3 + (B - B5) / 3) \cdot 0.5 = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts3 = kh \cdot P_t \cdot ((H2 + H3) / 2) + (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5 = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 275.90 \quad (\text{kNm/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = ms = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = fs \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = vs \cdot (B1 + B2 + B3) / 2 = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{tv} + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsh} = 476.33 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{st1h} + S_{sq1h} + fs + P_s + P_{tsh} = 403.48 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MS_{st2} + MS_{sq2} + M_{fext3} = 1430.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS_{st1} + MS_{sq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Ps} + M_{pts} = 993.32 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 437.58 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

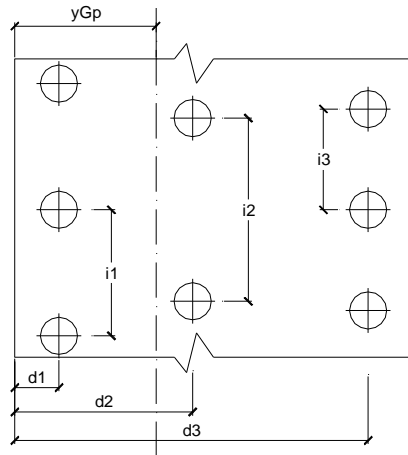
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 160 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)	
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) = 2.60 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) = 2.60 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) = 0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp*Np - MM

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
sisma+	530.60	578.68	392.85
sisma-	476.33	657.98	403.48

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
sisma+	1268.46	111.10		510.70	681.49
sisma-	1277.21	-38.75		524.52	699.93

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 161 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

$$R_{ck} = 30 \frac{\text{MPa}}{\text{MPa}}$$

$$\gamma_c = 1.9$$

$$f_{cd} = R_{ck} / \gamma_{m,c} = 15.79 \text{ (MPa)}$$

Copriferro

$$c = 6.80 \text{ (cm)}$$

Acciaio

$$\text{tipo di acciaio} = \text{B450C}$$

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

$$\gamma_E = 1.00$$

$$\gamma_S = 1.15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S / \gamma_E = 391.30 \text{ (MPa)}$$

$$E_s = 210000 \text{ (MPa)}$$

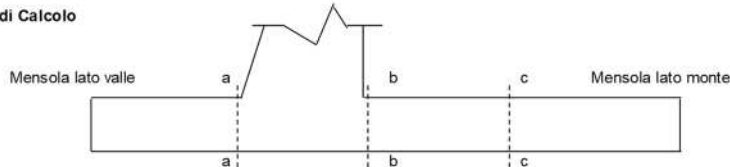
$$\epsilon_{ys} = 0.19\%$$

$$\epsilon_{uk} = 3.000\%$$

$$\epsilon_{ud} = 2.700\%$$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum R_i (B_1 - x_i) / k - PP (B_1)^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum R_i (B_2 - x_i) / k - [PP (B_2)^2 / 2 + p_m B_2^2 / 2 + (p_{vb} - p_{vc}) (B_2)^2 / 2] - (S_{1v} + S_{2v}) * B_2$$

$$M_c = \sum R_i (B_2 - x_i) / k - [PP (B_2)^2 / 2 + p_m (B_2)^2 / 2 + (p_{vb} - p_{vc}) (B_2)^2 / 2] - (S_{1v} + S_{2v}) * B_2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

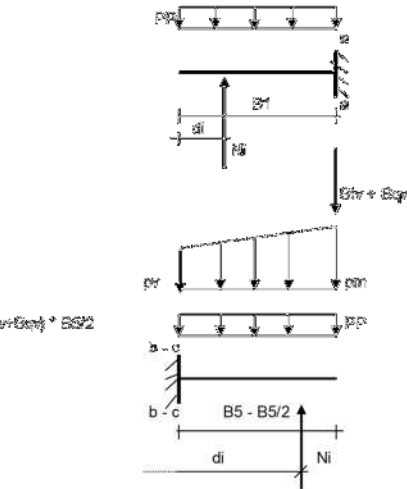
Peso Proprio PP = 25.00 (kN/m)

p_m = 80.00 (kN/m²)

p_{vb} = 80.00 (kN/m²)

p_{vc} = 80.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
sisma+	99.50	-491.41	-186.07
sisma-	106.21	-491.59	-168.03



	Ta	Tb
	[kN]	[kN]
sisma+	451.93	-331.07
sisma-	464.68	-316.04

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

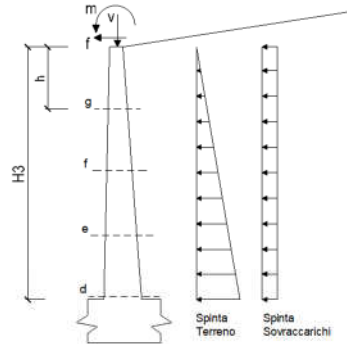
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscampa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 162 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$$

(solo con sisma)

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{ext} [kN/m]	T _{inerzia} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	4.00	164.32	34.16	0.00	21.02	219.50
e-e	3.00	92.43	25.62	0.00	14.64	132.69
ff	2.00	41.08	17.08	0.00	9.01	67.17
g-g	1.00	28.29	8.54	0.00	4.13	40.96

condizione sismica +

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	4.00	283.16	68.31	0.00	38.04	389.51	32.30	14.74	0.00	80.51	127.55
e-e	3.00	119.46	38.43	0.00	20.27	178.16	18.17	11.06	0.00	56.07	85.29
ff	2.00	35.40	17.08	0.00	8.51	60.98	8.07	7.37	0.00	34.50	49.95
g-g	1.00	4.42	4.27	0.00	2.00	10.70	2.02	3.69	0.00	15.81	21.52

condizione sismica -

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	4.00	283.16	85.32	0.00	38.04	406.52	29.81	18.41	0.00	59.49	107.71
e-e	3.00	119.46	47.99	0.00	20.27	187.72	16.77	13.81	0.00	41.43	72.01
ff	2.00	35.40	21.33	0.00	8.51	65.23	7.45	9.21	0.00	25.50	42.15
g-g	1.00	4.42	5.33	0.00	2.00	11.76	1.86	4.60	0.00	11.69	18.15

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

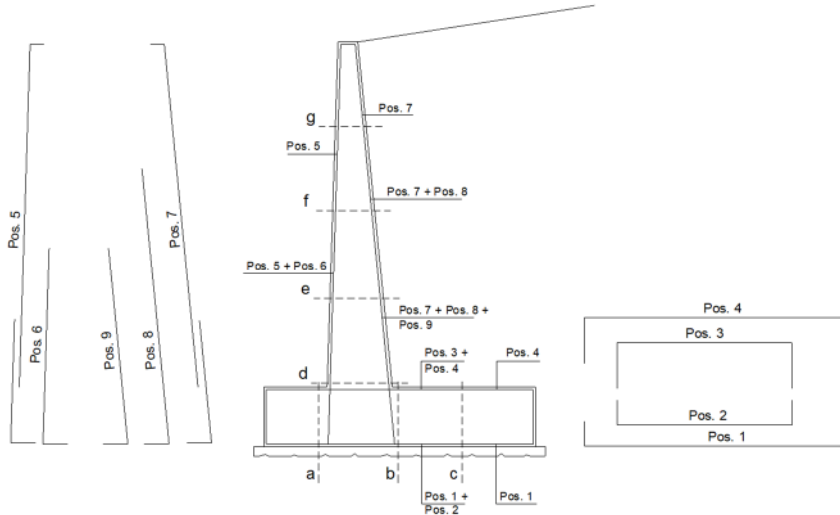
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 163 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

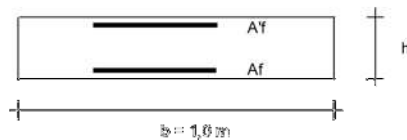


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	20.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7	5.0	24.0
4	5.0	24.0	8	0.0	0.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	M _{inf}	M _{sup}	T _{inf}	h	A ₁	A _f	M _{inf}	M _{sup}	T _{inf}
(-)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kNm)	(kN)
a-a	100.21	0.00	404.08	1.00	15.71	22.82	507.00	0.00	200.00
b-b	-981.50	0.00	331.07	1.00	22.82	15.71	200.00	0.00	200.00
d-d	400.52	107.71	210.00	0.60	22.82	15.71	547.04	107.71	300.00
e-e	107.72	22.01	100.00	0.60	22.82	15.71	841.40	22.01	270.00

(q₁: M = fondo lo filtro di drenaggio, M = fondo lo filtro di drenaggio)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 164 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'
SUD	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	●	SLE_RARA	1.00	1.00	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 20.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) = 50.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) = 115.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 = 185.00 \text{ (kN/m)}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) = 196.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3 = 196.00 \text{ (kN/m)}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) = 30.33 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) = 95.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2) = 264.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 = 389.83 \text{ (kNm/m)}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) = 661.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3 = 661.50 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 165 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 106.61 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka = 63.96 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 97.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 58.73 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 42.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 25.35 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 163.13 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 194.32 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 146.82 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 116.59 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 448.59 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1362.25 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 309.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1052.30 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

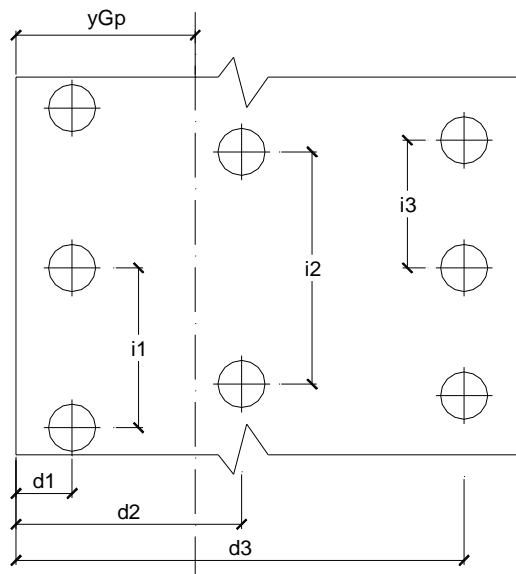
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 166 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M_M$$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN]	Mp [kNm]	Tp [kN/m]
statico	448.59	-20.54	156.61

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	562.62	603.71		203.59	271.67

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 167 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.80 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

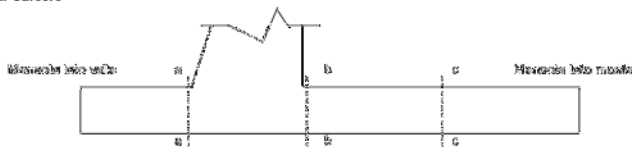
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w₂ = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Reazione Lato Volto

$$M_{ed} = \sum M_{k,ed} + \sum \psi_{0i} M_{k,ed} + \sum \psi_{1i} M_{k,ed}$$

Σ coefficienti di sovraccarico e di vento

Reazione Lato Rinnocito

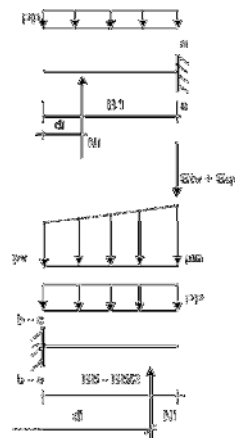
$$M_{ed} = \sum M_{k,ed} + \sum \psi_{0i} M_{k,ed} + \sum \psi_{1i} M_{k,ed} + \sum \psi_{2i} M_{k,ed} + \sum \psi_{3i} M_{k,ed}$$

$$M_{ed} = \sum M_{k,ed} + \sum \psi_{0i} M_{k,ed} + \sum \psi_{1i} M_{k,ed} + \sum \psi_{2i} M_{k,ed} + \sum \psi_{3i} M_{k,ed} + \sum \psi_{4i} M_{k,ed}$$

Σ coefficienti di sovraccarico e di vento

Reazione Propria	14°	::	26.00	(kN/m)
	ψ ₀₁	::	10.00	(kN/m ²)
	ψ ₀₂	::	10.00	(kN/m ²)
	ψ ₀₃	::	10.00	(kN/m ²)

	M _{ed}	M _{sd}	M _{td}
carico	36.00	47.64	47.64
sovracc.	30.00	-30.00	-30.00



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

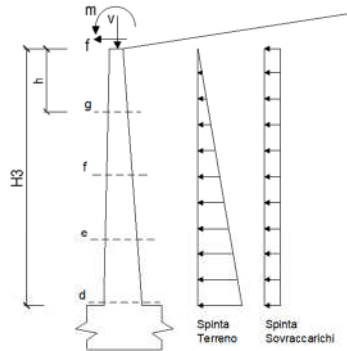
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 168 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no						Coefficiente Categoria di Suolo
	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)			
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)			
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)				
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{terreno} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot k_0 \cdot h/3 \text{ (solo con sisma)}$$

$$M_{at} = \frac{1}{2} K_{s,act} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{at} = K_{s,act} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{at} = m \cdot h$$

$$M_{terreno} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot k_0 \cdot h/3$$

Caratteristiche sezioni

sezione	h	h _{te}	h _{tr}	h _{asc}	h _{ov}	h _{at}	M _q	M _{ext}	M _{ter}	M _{at}	M _{ter}
	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
e-e	4.00	83.22	83.22	0.00	177.49	27.04	20.28	0.00	70.00	117.91	
e-e	3.00	25.24	25.24	0.00	88.69	15.21	15.21	0.00	48.75	79.17	
f-f	2.00	10.44	10.44	0.00	39.90	6.78	10.14	0.00	20.00	48.90	
g-g	1.00	1.91	1.91	0.00	7.18	1.69	5.07	0.00	10.75	20.51	

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

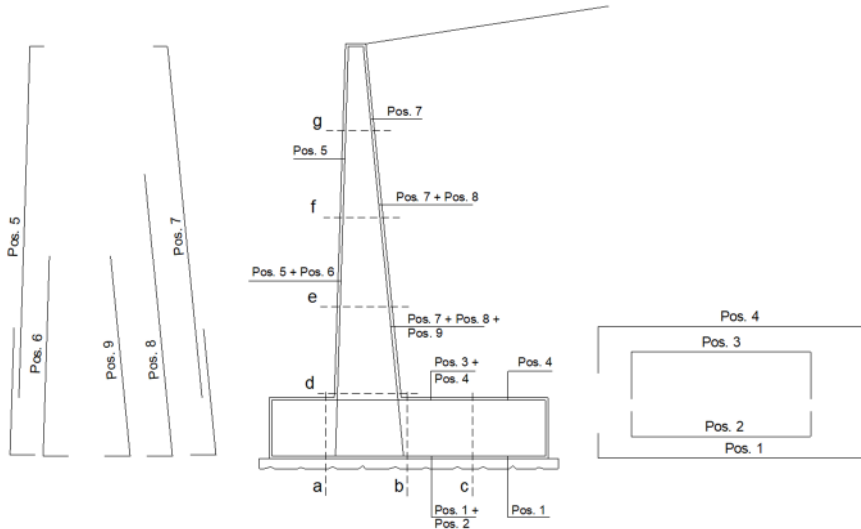
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 169 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

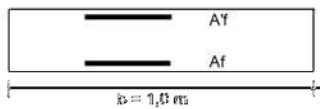


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	20.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7	5.0	24.0
4	5.0	24.0	8	0.0	0.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizione Sezione

Sez.	M	N	h	Af	Af	sc	sf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a-a	34.57	0.00	1.00	15.71	22.62	0.38	25.50
b-b	-216.07	0.00	1.00	22.62	15.71	2.10	110.00
d-d	177.40	117.21	0.50	22.62	15.71	2.14	78.65
e-e	80.00	70.17	0.50	11.21	15.71	1.80	80.30

(n.b.: M+ tende in fibre di trazione, M- tende in fibre di estrazione)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscampa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 170 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'
SUD	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	●	SLE_FR	1.00	0.75	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 20.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 50.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 185.00 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 196.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 196.00 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 30.33 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 95.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 264.50 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 389.83 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 661.50 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 661.50 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	171 di 247

CONDIZIONE STATICA
C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 106.61 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka = 59.17 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 97.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 54.32 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 42.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 23.45 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 163.13 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 194.32 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 135.81 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 107.85 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 446.69 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1353.51 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 298.94 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1054.57 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

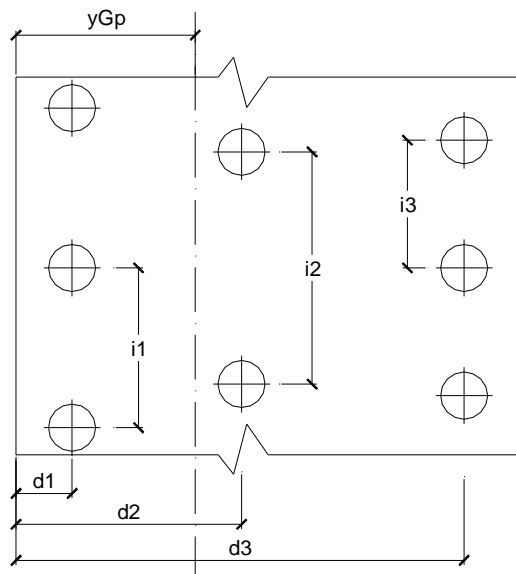
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 172 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p [kN]	M_p [kNm]	T_p [kN/m]
statico	446.69	-27.18	152.20

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	553.51	607.88		197.86	264.03

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 173 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.80 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

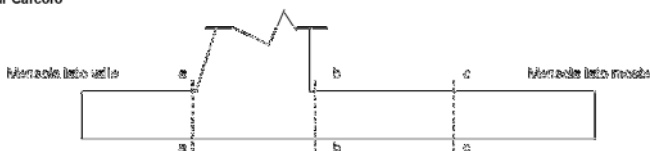
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w₂ = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Memoriale Lato Vallo

$$M_{1a} = \sum N_i \cdot e_i - \sum p_j \cdot l_j - P_{PP} \cdot (1.5 \cdot e_{1a} + e_{1a}^2)$$

Σ estesa a tutti i poli presenti nella manovola

Memoriale Lato Muro

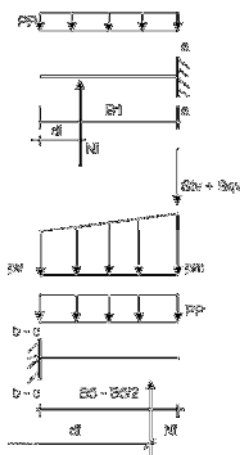
$$M_{1b} = \sum N_i \cdot (e_{1b} - e_{1a}) - [P_{PP} \cdot (e_{1b}^2/2 + p_{1a} \cdot e_{1b} \cdot e_{1a} + p_{1a} \cdot e_{1a}^2/2 + p_{1a} \cdot e_{1a} \cdot e_{1b}) - (p_{1a} \cdot e_{1a} \cdot e_{1b} + p_{1a} \cdot e_{1a}^2/2)]$$

$$M_{1c} = \sum N_i \cdot (e_{1c} - e_{1a}) - [P_{PP} \cdot (e_{1c}^2/2 + p_{1a} \cdot (e_{1c}^2/2 + e_{1a} \cdot e_{1c} - p_{1a} \cdot (e_{1c}^2/3) \cdot (1 + e_{1a}/e_{1c})) - (p_{1a} \cdot e_{1a} \cdot e_{1c} + e_{1c}^2/2)]$$

Σ estesa a tutti i poli presenti sulla manovola

Peso Proprio	PP	=	25.00	(kN/m)
	p _{1a}	=	104.00	(kN/m ²)
	p _{1b}	=	104.00	(kN/m ²)
	p _{1c}	=	104.00	(kN/m ²)

	M _{1a}	M _{1b}	M _{1c}
	(kNm/m)	(kNm/m)	(kNm/m)
calcolo	83.55	-278.08	-124.66



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

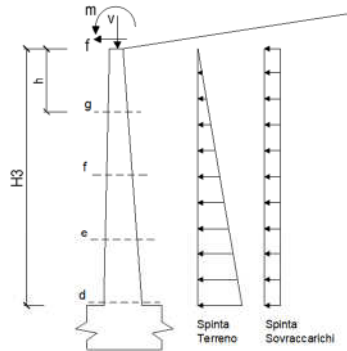
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 174 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S = 1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no			$r = 1$	Coefficiente Categoria di Suolo
	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)	
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)	0.426
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)	
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)	0.443
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)	
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553	
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)		
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$\text{o } \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{terreno} = 2F \cdot h \cdot \gamma \cdot h/3 \text{ (solo con sisma)}$$

$$M_{s} = \frac{1}{2} K_{s,act} \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)^2 \cdot h/3$$

$$M_{s0} = K_{s,act} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{s2} = m \cdot h$$

$$M_{s,terreno} = 2F \cdot h \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)$$

Caratteristiche sezioni

sezione	h	M_t	M_q	M_{ext}	$M_{terreno}$	M_s	M_{s0}	M_{s2}	$M_{s,terreno}$
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
e-e	4.00	83.22	83.22	0.00	170.44	27.04	18.75	0.00	70.00
e-e	3.00	35.24	43.68	0.00	84.18	15.21	14.07	0.00	43.75
f-f	2.00	13.44	21.73	0.00	32.17	6.78	6.38	0.00	23.00
g-g	1.00	1.91	5.43	0.00	8.74	1.88	4.69	0.00	13.75

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

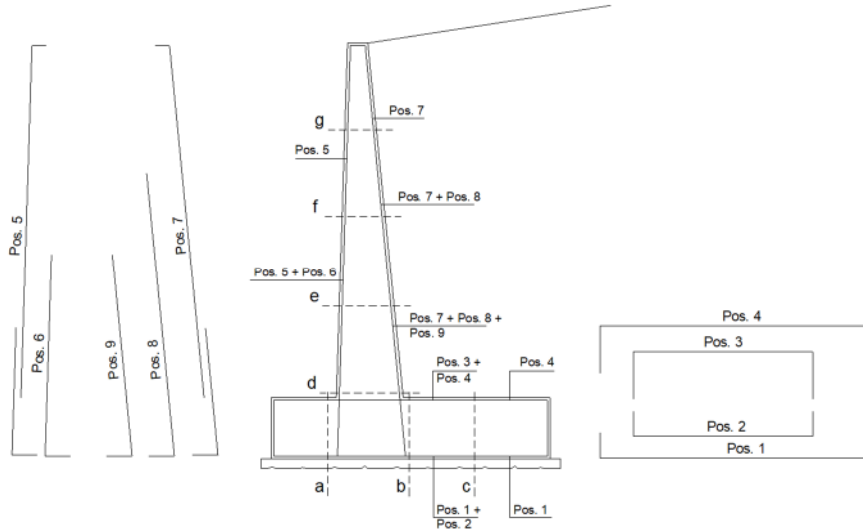
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 175 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

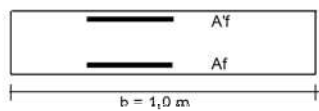


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizioni Statiche

Sez.	M	N	H	Af	At	σc	σf	σR	σmax
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)
s - s	33.89	0.00	1.00	15.71	22.82	0.37	24.87	0.034	0.300
b - b	-202.88	0.00	1.00	22.82	15.71	2.03	-107.88	0.144	0.300
d - d	170.64	115.79	0.90	22.82	15.71	2.03	74.81	0.094	0.300
e - e	84.13	79.03	0.80	22.82	15.71	1.25	38.77	0.047	0.300

(n.b.: Af tende le fibre di intradosso, At tende le fibre di estradosso)

N.B. La condizione statica si assume come sezione di lunghezza d'unità (L=0.5).

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 176 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SUD	○ caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○ caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○ sismica	1.00	1.00	1.25
def.	● SLE_QP	1.00	0.00	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 20.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) = 50.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) = 115.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 = 185.00 \text{ (kN/m)}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) = 196.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3 = 196.00 \text{ (kN/m)}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) = 30.33 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) = 95.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2) = 264.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 = 389.83 \text{ (kNm/m)}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) = 661.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3 = 661.50 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 177 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 106.61 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 44.77 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 97.88 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 41.11 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 42.24 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 17.74 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 163.13 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 194.32 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 102.77 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 81.62 \text{ (kN/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 440.99 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1327.27 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 265.90 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1061.37 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

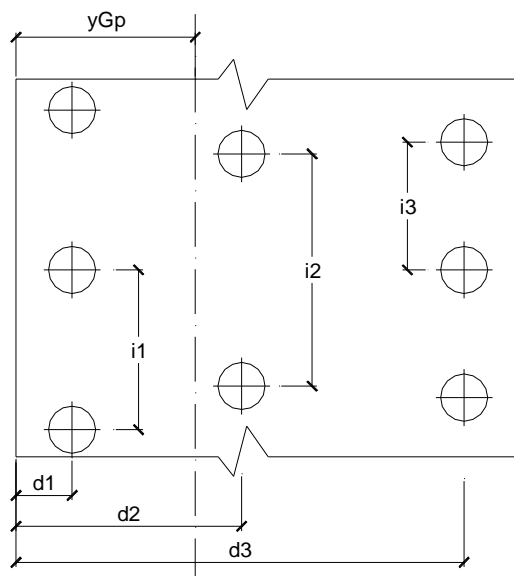
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 178 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.60 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.60 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN]	Mp [kNm]	Tp [kN/m]
statico	440.99	-47.10	138.99

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	526.18	620.38		180.68	241.11

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 179 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.80 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Sezione Lato Valle

$$M_{Ed} = \sum N_i (B_1 - a_i) l_i - PP (1.2a_1) B_1^2 / 2$$

Σ sezioni a tutti i poli presenti sulla mensola

Sezione Lato Monte

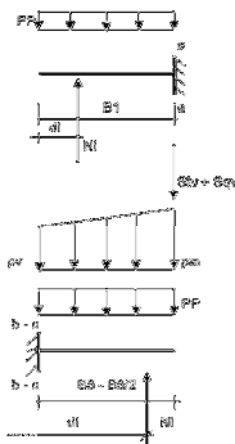
$$M_{Ed} = \sum N_i (B_2 - a_i) l_i - [PP (B_2^2) / 2 + p_{st} (B_2^2) / 2 + (p_{st} - p_{st}^*) (B_2^2) / 2] (1.2a_2) - (S_{1st} S_{2st}) * B_2$$

$$M_{Ed} = \sum N_i (B_2 - a_i) l_i - [PP (B_2^2) / 2 + p_{st} (B_2^2) / 2 + (p_{st} - p_{st}^*) (B_2^2) / 2] (1.2a_2) - (S_{1st} S_{2st}) * B_2$$

Σ sezioni a tutti i poli presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	33.00	(kN/m)
	p _{st}	=	105.00	(kN/m ²)
	p _{st} [*]	=	105.00	(kN/m ²)
	p _{st} ^o	=	105.00	(kN/m ²)

	M _{Ed}	M _{Ed}	M _{Ed}
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
valore	21.05	-253.10	-118.59



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

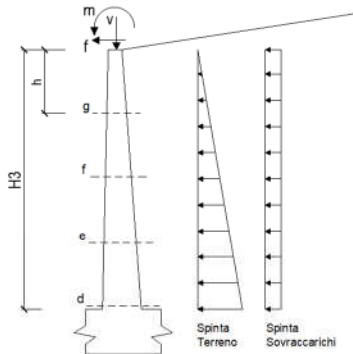
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 180 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00		(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si		<input checked="" type="radio"/> no				$r = 1$	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)	0.426			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)				
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)				
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)	0.443			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)				
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)				
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)	0.553			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)				
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)				
	componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)	0.219			
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)					

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 + a_g / g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 / 2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot P \cdot h$$

$$M_{sost} = 2 \cdot F \cdot m \cdot h \cdot K_{ext} \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h \cdot (1 + \frac{1}{3} \frac{h}{r})$$

$$N_q = K_o \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = P$$

$$N_{sost} = 2 \cdot F \cdot m \cdot (1 + K_{ext})$$

condizioni sezioni

sezione	h	E_t	E_c	E_{ext}	E_{sost}	N_t	N_q	N_{ext}	N_{sost}	N_{tot}
	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
1-1	4.00	93.52	93.56	0.00	177.46	27.04	20.28	0.00	70.00	117.31
2-2	3.00	35.34	32.85	0.00	68.09	15.31	15.21	0.00	48.75	79.17
3-3	2.00	13.44	23.49	0.00	33.93	8.76	10.14	0.00	30.00	48.90
4-4	1.00	1.31	5.07	0.00	7.18	1.69	5.07	0.00	13.75	20.51

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

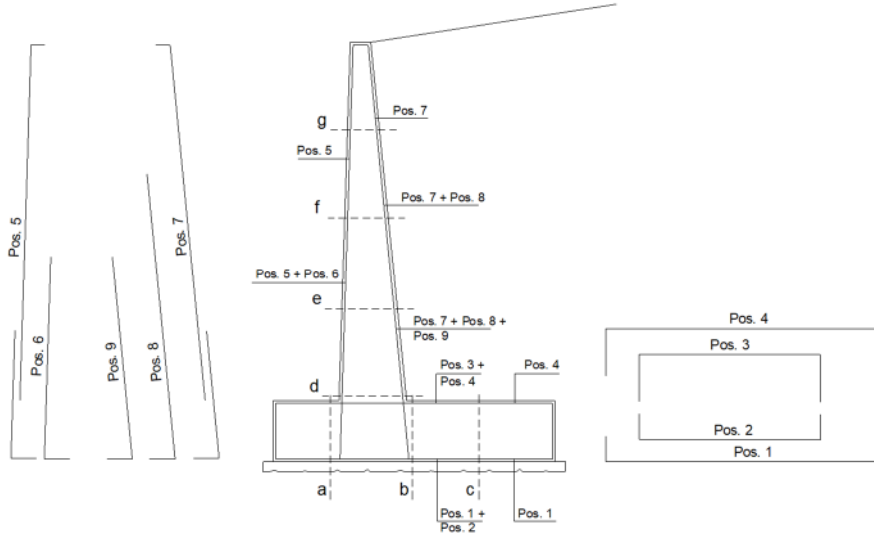
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 181 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

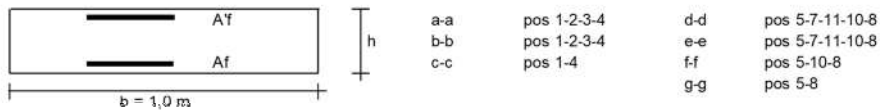


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



Condizione statica

sez.	M	M	h	A _f	A _t	σ _c	σ _f	W _e	W _{ass}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	31.03	0.00	1.00	15.71	22.62	0.34	22.65	0.032	0.200
b - b	-188.15	0.00	1.00	22.62	15.71	1.83	59.53	0.190	0.200
d - d	177.49	117.31	0.30	22.62	15.71	2.14	75.65	0.029	0.200
e - e	66.03	78.17	0.60	45.24	15.71	1.06	22.33	0.022	0.200

(n.b.: M_f tende le fibre di trazione, M_t tende le fibre di compressione)

N.B. La condizione statica di assente come azione di lunga durata è rispettata (μ₂=0.5)



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 182 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

ALLEGATO 3

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 2- H=5.00 m

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

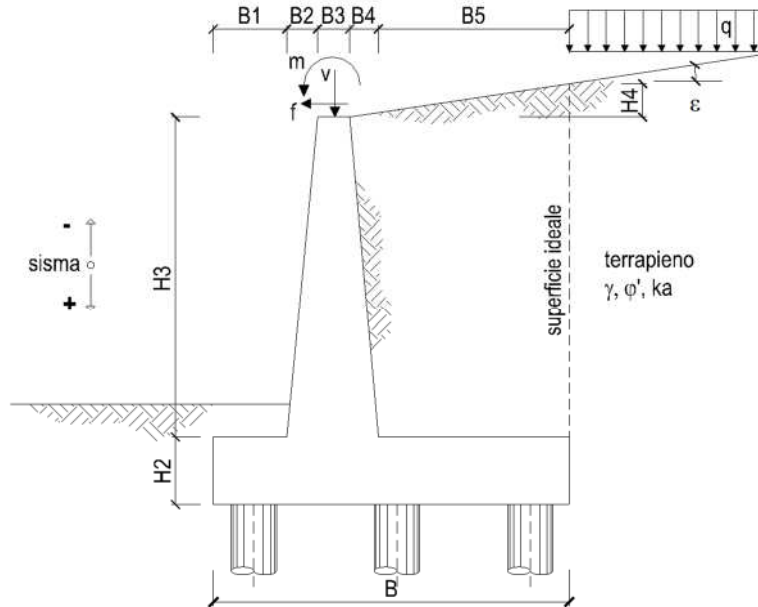
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 183 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------



OPERA con Hmuro = 5.00 m

DATI DI PROGETTO:

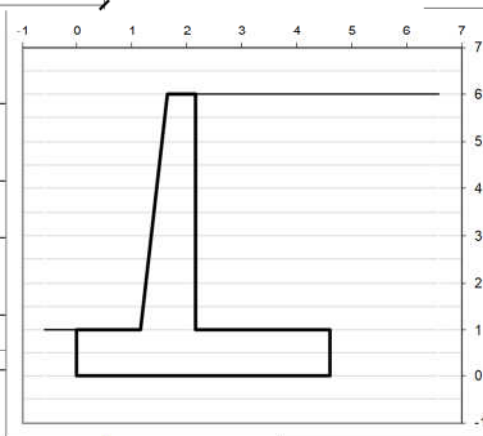
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.50	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.15	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.45	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo $\gamma_{cls} = 25.00$ (kN/m³)



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m ³)	
Dati Sismici	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup.id} = 23.35$ (°)	
	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.220$ (-)	S = 1.365 (-)
Dati Sismici	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta_m = 1.00$ (-)
	Coefficiente Categoria di Suolo		
Dati Sismici	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no	r = 1
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no	
Coeff. Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0.3003$ (-)	
	coefficiente sismico verticale	$k_v = 0.1502$ (-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_o = 0.426$ (-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$k_{as+} = 0.44$ (-)	0.443
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$k_{as-} = 0.55$ (-)	0.553

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q = 40.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m = 0.00 (kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs = 15.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms = 0.00 (kNm/m)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 184 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno tan φ'
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	
SLU	☉	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	○	-	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)		
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426	Val. Norm.
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	60.00	(kN/m ²)	
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)	
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)	
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)	
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	22.50	(kN/m ²)	
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)	
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)	
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)	

VERIFICHE GEOTECNICHE

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{s2}) / 2 &= & 31.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{s3}) &= & 82.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{s4}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{s5}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 208.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P1)

$$\begin{aligned}
 P11 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 245.00 \text{ (kN/m)} \\
 P12 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P13 &= (B4 \cdot H2 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P1 &= P11 + P12 + P13 &= & 245.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 48.35 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 118.75 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 284.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 429.90 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a taglio del muro

$$\begin{aligned}
 M11 &= P11 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 828.88 \text{ (kNm/m)} \\
 M12 &= P12 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M13 &= P13 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M1 &= M11 + M12 + M13 &= & 828.88 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 185 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE STATICA

caso A1+M1+R3

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4)^2 \cdot k_0 = 199.57 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_0 = 153.51 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2 + H3 + H4) / 3 = 366.46 \quad (\text{kNm})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2 + H3 + H4) / 2 = 422.84 \quad (\text{kNm})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3) / 2 = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 593.66 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 324.17 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1900.08 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 789.29 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1110.79 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

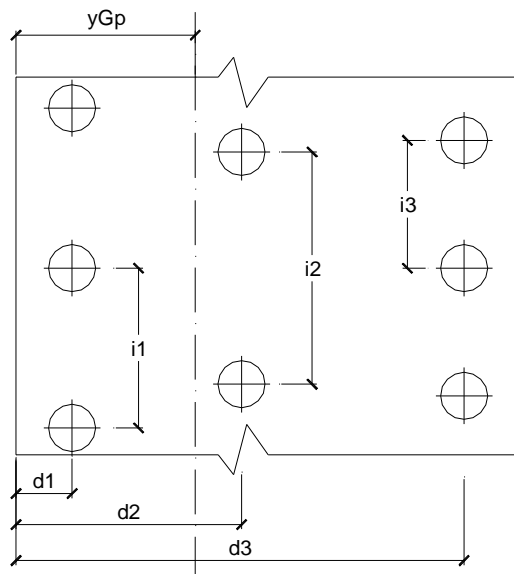
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 186 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)	
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) = 2.40 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) = 2.40 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) = 0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M_M$

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	Tp [kN/m]
statico	593.66	254.64	324.17

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	947.45	477.35		389.01	519.10

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 187 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

γ_c = 1.9

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.40 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

γ_E = 1.00

γ_S = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

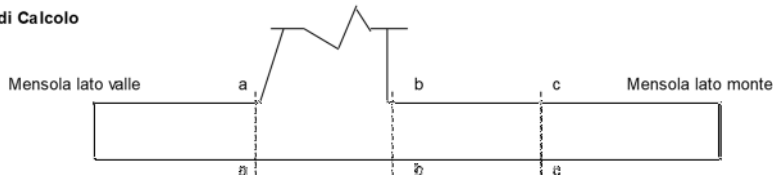
ϵ_{ys} = 0.19%

ϵ_{uk} = 3.000%

ϵ_{ud} = 2.700%

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - d_i) / i - PP^2 (1 + k_v) B_1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i B_5 (B - d_i) / i - [PP^2 B_5^2 / 2 + p_a B_5^2 / 2 + (q_m - p_a) B_5^2 / 3] (1 + k_v) - (B_m + B_q) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i B_5 / 2 (B - d_i) / i - [PP^2 B_5^2 / 2 + p_a (B_5^2) / 2 + (q_m - p_a) (B_5^2) / 3] (1 + k_v) - (B_m + B_q) \cdot B_5 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

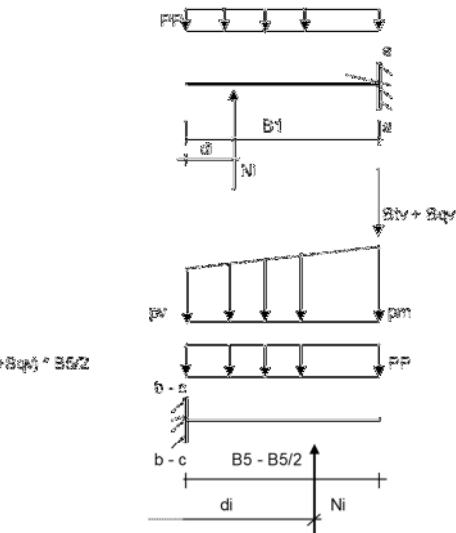
Peso Proprio PP = 25.00 (kN/m)

p_m = 130.00 (kN/m²)

p_b = 130.00 (kN/m²)

p_c = 130.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	42.68	-519.59	-287.69



Ta	Tb
[kN]	[kN]
366.02	-320.77

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

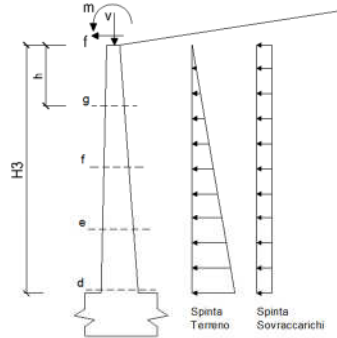
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 188 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	=	1.37
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		βm	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P \cdot m_i \cdot b_i \cdot k_i$$

(solo con sisma)

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.00	127.24	117.45	0.00	244.70
e-e	3.75	71.57	88.09	0.00	159.66
f-f	2.50	31.81	58.73	0.00	90.54
g-g	1.25	7.95	29.36	0.00	37.32

condizione statica

sezione	h	M _t	M _q	M _{ext}	M _{tot}	N _t	N _q	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.00	212.07	293.64	0.00	505.71	54.92	50.69	0.00	93.75	199.36
e-e	3.75	89.47	165.17	0.00	254.64	30.89	38.02	0.00	64.45	133.36
f-f	2.50	26.51	73.41	0.00	99.92	13.73	25.35	0.00	39.06	78.14
g-g	1.25	3.31	18.35	0.00	21.67	3.43	12.67	0.00	17.58	33.68

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

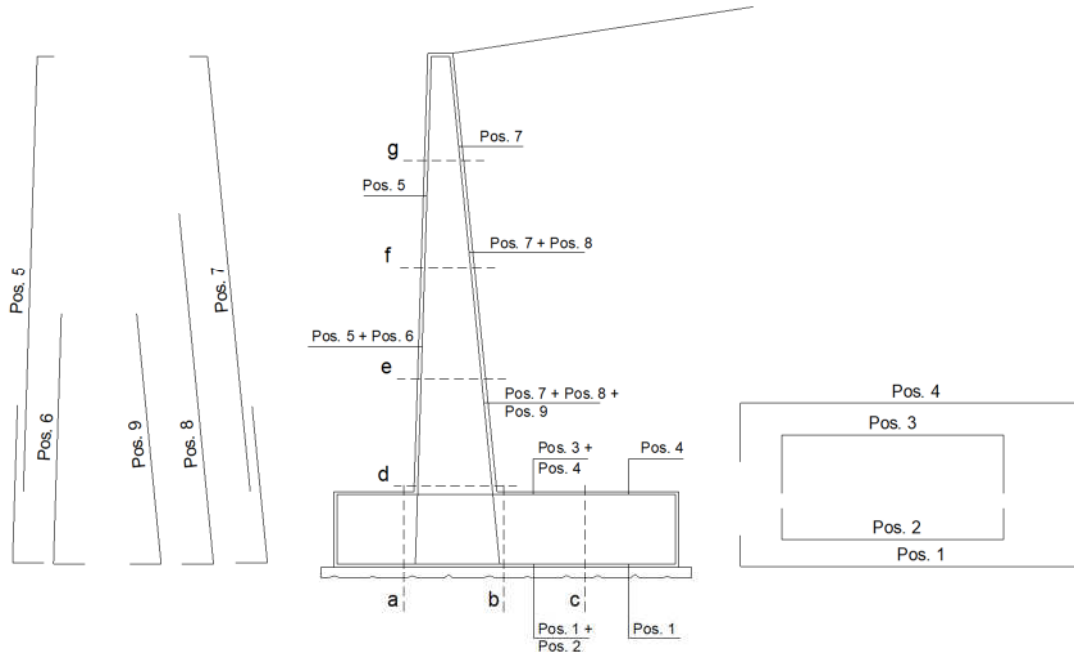
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 189 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

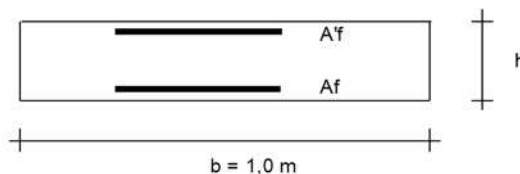


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	is	Af	AT	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	42.88	0.00	366.02	1.00	15.71	22.62	559.26	0.00	264.54
b - b	-519.59	0.00	-320.77	1.00	22.62	15.71	797.35	0.00	298.73
d - d	505.71	199.36	244.70	1.00	22.62	10.05	884.64	199.36	326.72
e - e	254.84	133.36	159.88	0.88	22.62	10.05	737.38	133.36	298.42

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 190 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

coefficienti parziali

	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'
○	caso A2+M1	1.00	1.30	1.00	
●	Sismica+M1+R3	1.00	1.00	1.00	
○	def.	-	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno						
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)		
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)		
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)		
Coef. Spinta	Coef. di Spinta a riposo sulla superficie ideale	ko	=	0.426	(-)	0.426
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553
					Val. Norm.	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	40.00	(kN/m ²)	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)	
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)	
Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)	
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	15.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_s) / 2 &= & 31.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_s) &= & 62.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_s) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_s) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 208.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 245.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 245.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 46.35 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 119.75 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 284.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 429.60 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tempo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 826.88 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 826.88 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	213	E	16	MU0023	REL	01	B	191 di 247

CONDIZIONE SISMICA +

Sismica+M1+R3

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst1 = a_g/g * S^* \gamma^* (H2+H3+H4)^2 = 216.22 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = qs^* (H2+H3+H4)^* kas^* = 39.86 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 * \cos \delta = 198.52 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 * \cos \delta = 36.60 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 * \sin \delta = 85.68 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 * \sin \delta = 15.79 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica +

$$MSst1 = MSst1 + Sst1h^* (H2+H3+H4)/2 = 877.44 \text{ (kN/m)} \quad \text{- Momento dovuto alla spinta a riposo+Incremento sismico}$$

$$MSst2 = Sst1v^* B = 394.12 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h^* (H2+H3+H4)/2 = 109.79 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v^* B = 72.66 \text{ (kN/m)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm^* kh = 62.69 \text{ (kN/m)}$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt^* kh = 73.57 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt^* kv = 36.79 \text{ (kN/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh^* Pm1^* (H2+H3/3) = 25.03 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh^* Pm2^* (H2 + H3/2) = 65.69 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh^* Pm3^* (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh^* Pm4^* (H2/2) = 17.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1+MPs2+MPs3+MPs4 = 107.98 \text{ (kNm/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh^* Pt1^* ((H2 + H3/2) - (B - B5/2)^* 0.5) = 133.35 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh^* Pt2^* ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)^* 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh^* Pt3^* ((H2+H3^*2/3)-(B1+B2+B3+2/3^*B4)^*0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 133.35 \text{ (kNm/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = ms = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = fs^* (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = vs^* (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 652.84 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 512.32 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1723.26 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + Mpts = 1228.56 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 494.70 \text{ (kNm/m)}$$

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 192 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE SISMICA - Sismica+M1+R3
C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica -

$$Sst2 = a_g/g * S^* \gamma^* (H2+H3+H4)^2 = 216.22 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2 = qs^* (H2+H3+H4) * kas^* = 49.78 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 * \cos \delta = 198.52 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2h = Ssq2 * \cos \delta = 45.71 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 * \sin \delta = 85.68 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2v = Ssq2 * \sin \delta = 19.73 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica -

$$MSst1 = MSst1 + Sst2h * (H2+H3+H4)/2 = 877.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst2v * B = 394.12 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq1 = Ssq2h * (H2+H3+H4)/2 = 137.13 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq2 = Ssq2v * B = 90.75 \quad (\text{kN/m})$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm * kh = 62.69 \quad (\text{kN/m})$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt * kh = 73.57 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = Pt * kv = -36.79 \quad (\text{kN/m})$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh * Pm1^* (H2+H3/3) = 25.03 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh * Pm2^* (H2 + H3/2) = 65.69 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh * Pm3^* (H2+H3/3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh * Pm4^* (H2/2) = 17.27 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 107.98 \quad (\text{kNm/m})$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh * Pt1^* ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) * 0.5) = 381.66 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts2 = kh * Pt2^* ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) * 0.5) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts3 = kh * Pt3^* ((H2+H3^2/3) + (B1+B2+B3+2/3*B4) * 0.5) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 381.66 \quad (\text{kNm/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = ms = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = fs^* (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = vs^* (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 583.20 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 521.43 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1741.35 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + Mpts = 1504.21 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 237.14 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

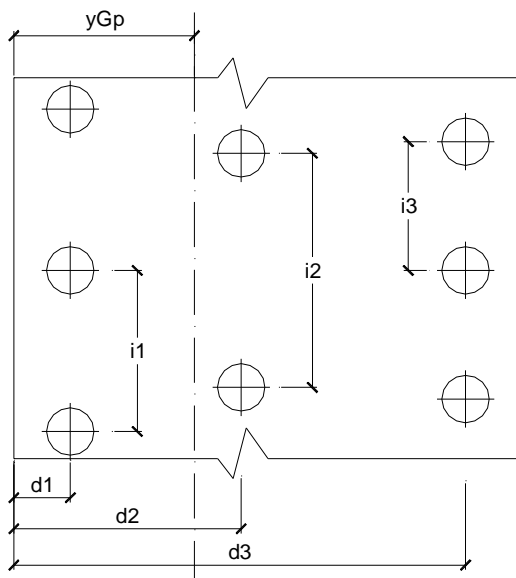
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 193 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.40 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.40 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
sisma+	652.84	1006.84	512.32
sisma-	583.20	1104.22	521.43

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
sisma+	1712.80	-145.98		614.78	820.37
sisma-	1719.13	-319.44		625.72	834.97

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 194 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 1.9$

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.40 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

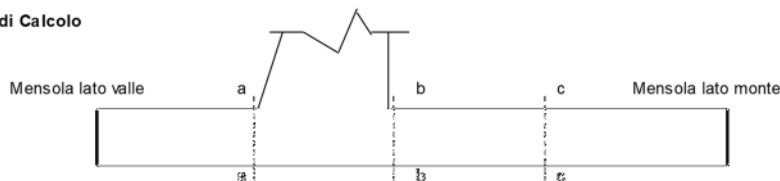
$\epsilon_{ys} = 0.19\%$

$\epsilon_{uk} = 3.000\%$

$\epsilon_{ud} = 2.700\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - d_i) / 6 - PP (1/2 B_1) B_1^2 / 2$$

\sum sovraccarichi e tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i (B_5 - d_i) / 6 - [PP (B_5)^2 / 2 + p_{av} (B_5)^2 / 2 + q_{sm} - p_{av} (B_5)^2 / 3] (1/2 B_5) - (B_5 - B_5/2) q_{sp} * B_5$$

$$M_c = \sum N_i (B_5/2 - d_i) / 6 - [PP (B_5/2)^2 / 2 + p_{av} (B_5/2)^2 / 2 + q_{sm} - p_{av} (B_5/2)^2 / 3] (1/2 B_5) - (B_5 - B_5/2) q_{sp} * B_5/2$$

\sum sovraccarichi e tutti i pali provenienti dalla mensola

Peso Proprio PP = 25.00 (kN/m)

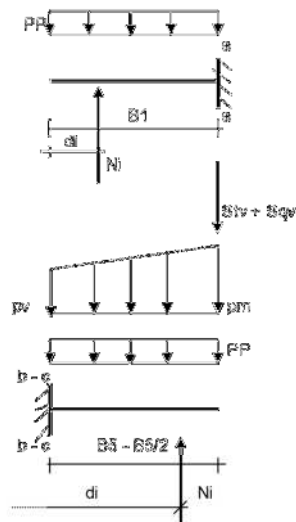
p_m = 100.00 (kN/m²)

p_{vb} = 100.00 (kN/m²)

p_{vc} = 100.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
sisma+	88.04	-768.29	-232.18
sisma-	93.40	-770.07	-208.83

Ta	Tb
[kN]	[kN]
680.60	-514.53
691.87	-498.77



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

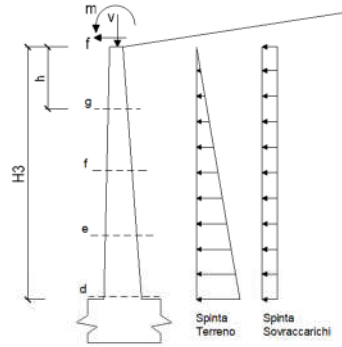
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N _i .prog 01	Rev. B	Pag. di Pag. 195 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553		
	componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)			
	componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)			

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 / 3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 + a_g / g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 / 2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$$

(solo con sisma)

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{ext} [kN/m]	T _{inerzia} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	5.00	256.76	30.50	0.00	28.15	315.41
e-e	3.75	144.43	22.87	0.00	19.36	186.65
ff	2.50	64.19	15.25	0.00	11.73	91.17
g-g	1.25	44.20	7.62	0.00	5.28	57.10

condizione sismica +

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	5.00	553.05	76.24	0.00	62.56	691.86	50.46	13.16	0.00	107.83	171.45
e-e	3.75	233.32	42.89	0.00	32.99	309.20	28.39	9.87	0.00	74.13	112.39
ff	2.50	69.13	19.06	0.00	13.69	101.88	12.62	6.58	0.00	44.93	64.12
g-g	1.25	8.64	4.77	0.00	3.18	16.58	3.15	3.29	0.00	20.22	26.66

condizione sismica -

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	5.00	553.05	95.23	0.00	62.56	710.84	46.57	16.44	0.00	79.67	142.68
e-e	3.75	233.32	53.57	0.00	32.99	319.88	26.20	12.33	0.00	54.78	93.30
ff	2.50	69.13	23.81	0.00	13.69	106.62	11.64	8.22	0.00	33.20	53.06
g-g	1.25	8.64	5.95	0.00	3.18	17.77	2.91	4.11	0.00	14.94	21.96

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

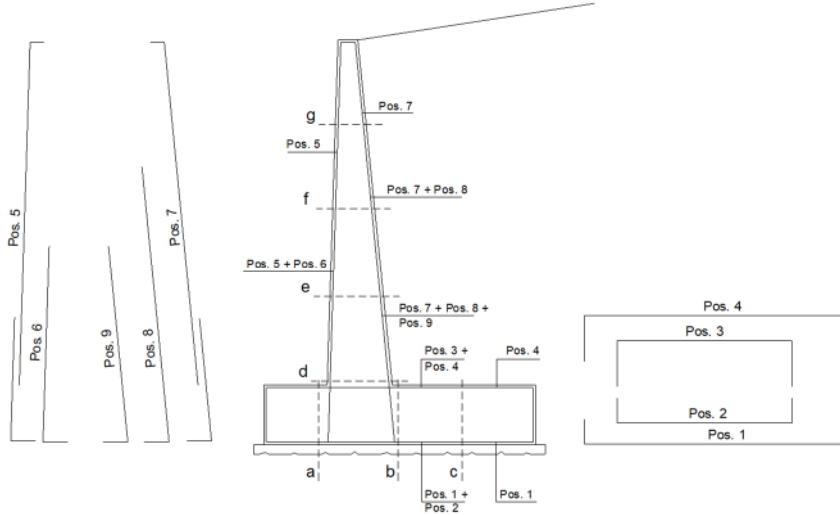
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 196 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

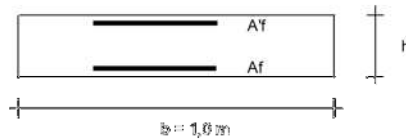


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-7-11-10-8
e-e pos 5-7-11-10-8
f-f pos 5-10-8
g-g pos 5-8

Sez.	M _{inf} (kNm)	M _{sup} (kNm)	T _{inf} (kN)	h (m)	A _f (cm ²)	A _t (cm ²)	M _{inf} (kNm)	M _{sup} (kNm)	T _{inf} (kN)
a-a	55.40	0.00	961.07	1.00	15.71	22.82	520.26	0.00	204.54
b-b	770.67	0.00	314.33	1.00	22.82	15.71	707.06	0.00	204.73
d-d	710.84	142.86	315.41	1.00	22.82	16.06	690.02	142.86	204.72
e-e	510.62	85.90	168.85	0.60	22.82	16.06	720.41	85.90	204.42

(p.e.: M+ fondo lo filtro di drenaggio, M- fondo lo filtro di contrafforte)

	caso	azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SLU	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	SLE_RARA	1.00	1.00	1.00

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 197 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	31.25	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	62.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	115.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4$	=	208.75	(kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	245.00	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	245.00	(kN/m)

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	46.35	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	118.75	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	264.50	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	=	429.60	(kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	826.88	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	826.88	(kNm/m)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 198 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 153.51 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 102.34 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 140.95 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 93.96 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 60.83 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 40.55 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 281.89 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSt2 = St \cdot v \cdot B = 279.83 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 281.89 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 186.55 \quad (\text{kNm/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 555.14 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1722.86 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 563.78 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1159.08 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

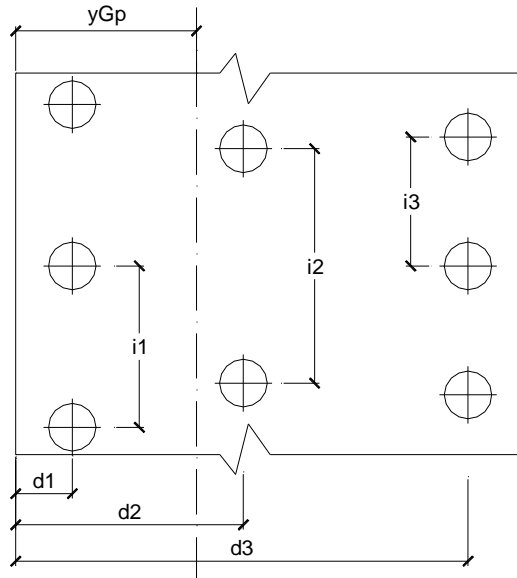
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 199 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.40 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.40 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$M_p = y_{Gp} * N_p - MM$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p	M_p	T_p
	[kN]	[kNm]	[kN/m]
statico	555.14	117.74	234.91

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	774.84	557.48		281.89	376.16

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 200 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.40 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

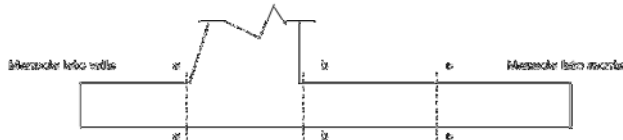
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w₂ = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Sezione in Linea Valle

$$M_{Ed} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot e_i - \sum_{j=1}^m G_j \cdot e_j - \sum_{k=1}^p Q_k \cdot e_k$$

Σ considerate tutte le parti permanenti e le variabili

Sezione in Linea Monte

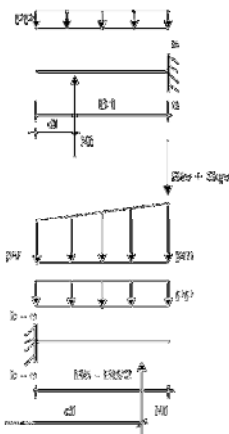
$$M_{Ed} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot e_i - \sum_{j=1}^m G_j \cdot e_j + \sum_{k=1}^p Q_k \cdot e_k + \sum_{l=1}^q H_l \cdot e_l - \sum_{m=1}^r S_m \cdot e_m$$

$$M_{Ed} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot e_i - \sum_{j=1}^m G_j \cdot e_j + \sum_{k=1}^p Q_k \cdot e_k + \sum_{l=1}^q H_l \cdot e_l - \sum_{m=1}^r S_m \cdot e_m$$

Σ considerate tutte le parti permanenti e le variabili

Peso proprio	G ₁	::	251.00	(kN/m)
	G ₂	::	130.00	(kN/m ²)
	G ₃	::	130.00	(kN/m ²)
	G ₄	::	130.00	(kN/m ²)

	M _{Ed}	M _{Ed}	M _{Ed}
Linea Valle	11.80	11.80	11.80
Linea Monte	11.80	-11.80	-11.80



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

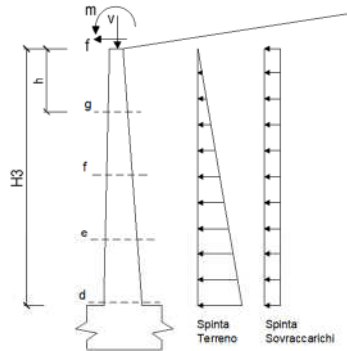
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog 01	Rev. B	Pag.di Pag. 201 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	--------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00				(-)
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no					$r = 1$	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)	0.426			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)				
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)				
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)				
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)	0.443			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)				
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)				
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)	0.553			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)					
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)					
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)					

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{terreno} = \frac{1}{2} f \cdot h \cdot h/3 \quad (\text{solo con sisma})$$

$$M_{s} = \frac{1}{2} K_{s,act} \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)^2 \cdot h/3$$

$$M_{s0} = K_{s,act} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{s,ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{s,terreno} = \frac{1}{2} f \cdot h \cdot h/3 \quad (\text{solo con sisma})$$

sez./corte	CARICAZIONE SEZIONI									
	M_t	M_q	M_{ext}	$M_{terreno}$	M_s	M_{s0}	$M_{s,ext}$	$M_{s,terreno}$	M_{tot}	$M_{s,ext}$
e-d	5.00	100.13	100.70	0.00	350.00	42.24	30.00	0.00	500.70	100.70
e-e	3.75	80.02	110.11	0.00	170.00	23.70	20.00	0.00	340.40	110.11
f-f	2.50	20.00	40.04	0.00	80.00	10.50	10.00	0.00	100.00	40.04
g-g	1.25	2.50	12.20	0.00	14.70	2.64	0.40	0.00	17.50	12.20

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

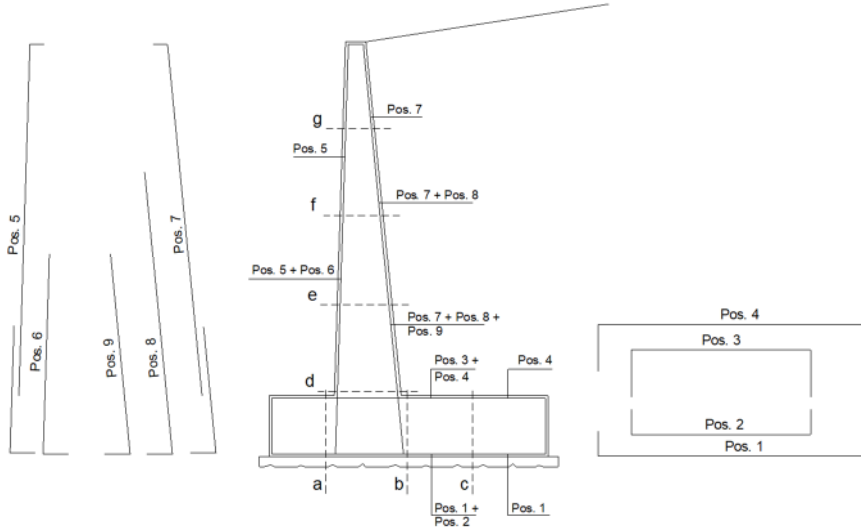
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 202 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

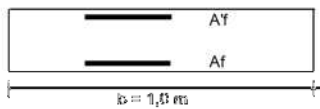


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	16.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7	5.0	24.0
4	5.0	24.0	8	0.0	0.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizione Sezione

Sez.	M	N	h	Af	At	ρc	ρf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a-a	31.80	0.00	1.00	16.71	22.62	0.34	23.13
b-b	-376.70	0.00	1.00	22.62	16.71	3.63	101.90
d-d	363.00	166.70	1.00	22.62	10.06	3.63	146.52
e-e	170.93	112.50	0.60	22.62	10.06	2.92	63.34

(n.b.: Af tende in fibre di trazione, At tende in fibre di compressione)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 203 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

		caso	coefficienti parziali		proprietà del terreno tan φ'
			azioni		
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	
SLD	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
SLD	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	<input type="radio"/>	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	<input checked="" type="radio"/>	SLE_FR	1.00	0.75	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{ole})/2 &= & 31.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{ole}) &= & 82.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{ole})/2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B1 \cdot H2 \cdot \gamma_{ole}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 208.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P1)

$$\begin{aligned}
 P11 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 245.00 \text{ (kN/m)} \\
 P12 &= (0.5 \cdot B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P13 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P1 &= P11 + P12 + P13 &= & 245.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL FIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 45.35 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 118.75 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 284.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 429.60 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tempo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= P11 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 825.88 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= P12 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= P13 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 825.88 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 204 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 153.51 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka = 86.35 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 140.95 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 79.28 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 60.83 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 34.22 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 281.89 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 279.83 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 237.85 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 157.40 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 548.80 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1693.71 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 519.74 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1173.97 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

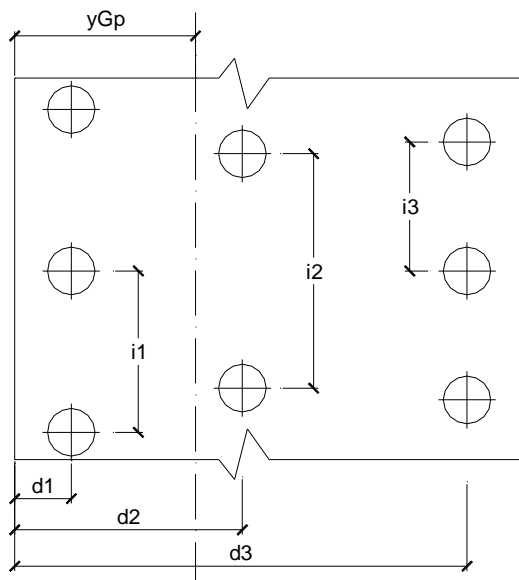
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 205 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.40 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.40 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN]	Mp [kNm]	Tp [kN/m]
statico	548.80	88.27	220.23

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	740.04	577.08		264.27	352.65

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 206 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.40 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

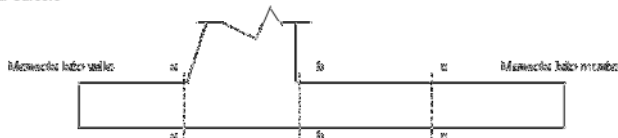
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w₂ = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mazzucola Later Valle

$$M_{Ed} = \sum (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (R_{Ed} \cdot l_{Ed})$$

Si evidenzia che i poli principali sono:

Mazzucola Later Monte

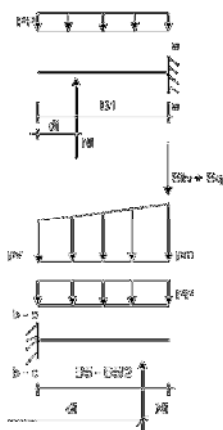
$$M_{Ed} = \sum (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) + (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) + (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) + (R_{Ed} \cdot l_{Ed})$$

$$M_{Ed} = \sum (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) + (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) + (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (R_{Ed} \cdot l_{Ed}) - (G_{Ed} \cdot l_{Ed}) + (R_{Ed} \cdot l_{Ed})$$

Si evidenzia che i poli principali sono:

Pole	l _{Ed}	l _{Ed}	R _{Ed}	G _{Ed}
pm	135.00	135.00	135.00	135.00
pb	135.00	135.00	135.00	135.00
pc	135.00	135.00	135.00	135.00

	M _{Ed}	M _{Ed}	M _{Ed}
valore	[135.00]	[135.00]	[135.00]
valore	25.72	-296.71	-175.23



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

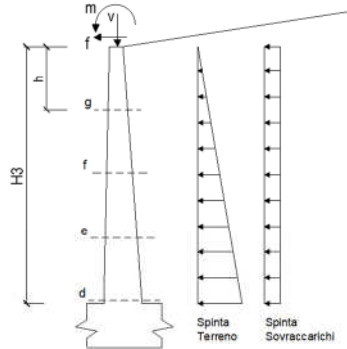
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 207 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no		$r = 1$	Coefficiente Categoria di Suolo		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)	0.426		
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)			
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)			
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)			
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)	0.443		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)			
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)			
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)				
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$\text{o } \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot F \cdot h$$

$$M_{terreno} = \frac{2}{3} F \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \text{ (solo con sisma)}$$

$$M_{att} = \frac{1}{2} K_{s,act} \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)^2 \cdot h/3$$

$$M_{att} = K_{s,act} \cdot q \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{est} = \gamma$$

$$M_{sovraccarichi} = \frac{2}{3} F \cdot m \cdot (1.25 \cdot h)$$

Caratteristiche sezioni

sezione	h	M_t	M_q	$M_{terreno}$	M_{att}	M_{est}	$M_{sovraccarichi}$	M_{tot}	M_{res}	M_{base}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
e-e	5.00	108.13	108.17	0.00	329.00	42.24	28.51	0.00	508.75	164.51
e-e	3.75	60.62	62.81	0.00	181.73	23.74	21.39	0.00	344.45	160.60
f-f	2.50	20.09	41.29	0.00	81.68	10.58	14.28	0.00	210.68	83.88
g-g	1.25	2.50	10.62	0.00	12.87	2.64	7.13	0.00	17.58	27.35

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

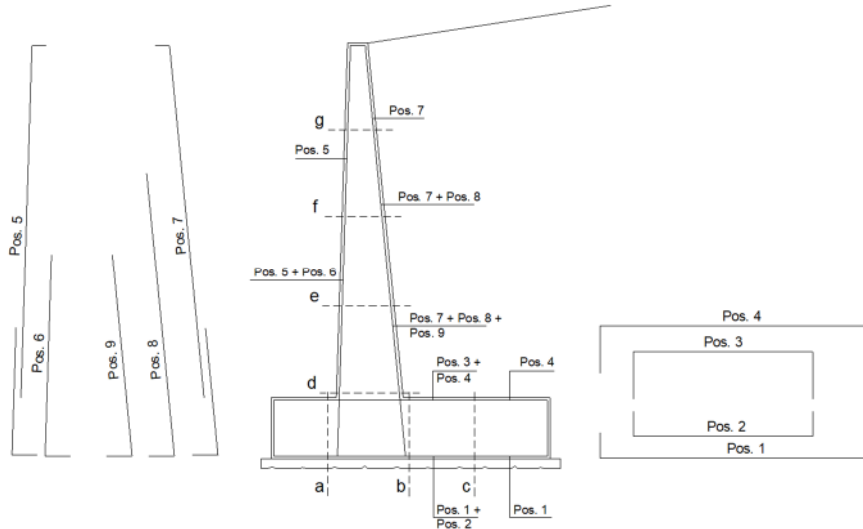
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 208 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

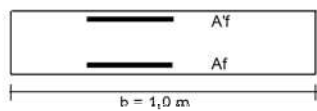


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	24
4	5.0	24	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizioni Statiche

Sez.	M	N	h	Af	AT	σc	σf	σR	σmax
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)	(kN/cm²)
s - s	29.72	0.00	1.00	16.71	22.82	0.32	21.88	0.029	0.300
b - b	-348.41	0.00	1.00	22.82	16.71	3.37	178.82	0.231	0.300
d - d	324.39	184.51	1.00	22.82	16.85	3.37	134.71	0.173	0.300
e - e	161.73	182.83	0.88	22.82	16.85	2.16	75.59	0.060	0.300

(n.b.: Af tende le fibre di intradosso, AT tende le fibre di estradosso)

N.B. La condizione statica si assume come sezione di larghezza d'unità (b=0.5).

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 209 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SLU ○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD ○	sismica	1.00	1.00	1.25
def. ●	SLE_QP	1.00	0.00	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI
A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 31.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 62.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 115.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 208.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 245.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 245.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 46.35 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 118.75 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 264.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 429.60 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 826.88 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 826.88 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 210 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_0 = 153.51 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 38.38 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 140.95 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 35.24 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 60.83 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 15.21 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 281.89 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 279.83 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 105.71 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 69.96 \text{ (kNm)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 529.79 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1606.26 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 387.60 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1218.66 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

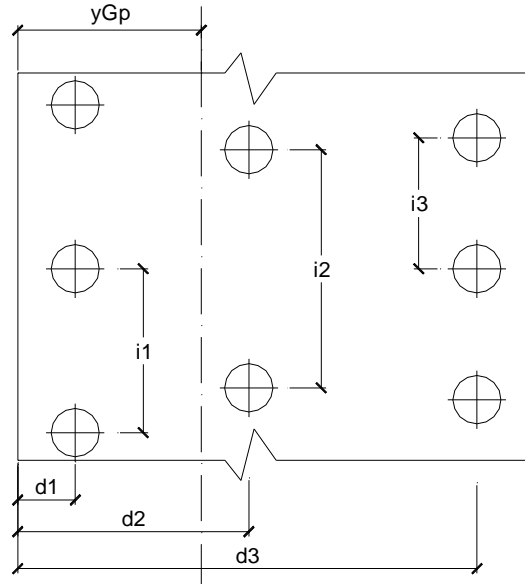
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 211 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.00	(m)	interasse pali (i1) =	2.40 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.60	(m)	interasse pali (i2) =	2.40 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		0.00	(m)	interasse pali (i3) =	0.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 2.300 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN]	[kNm]	[kN/m]
statico	529.79	-0.15	176.18

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	635.61	635.88		211.42	282.12

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 212 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.40 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Reazione Lato Valle

$$R_{av} = \sum R_i (B_1 - a_i) / l_0 - (P + G + Q) \cdot B_1 / 2$$

Σ reazioni e tutti i pesi presenti sulle mensole

Reazione Lato Muro

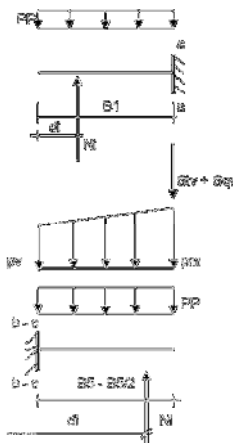
$$R_{mv} = \sum R_i (B_2 - a_i) - (P + G + Q) \cdot B_2 + (P + G + Q) \cdot a_1 - (P + G + Q) \cdot B_1 / 2$$

$$R_{mv} = \sum R_i (B_2 - a_i) - (P + G + Q) \cdot B_2 + (P + G + Q) \cdot a_1 - (P + G + Q) \cdot B_1 / 2$$

Σ reazioni e tutti i pesi presenti sulle mensole

Forza Reazione	RP	=	25.00	(kN/m)
	g1	=	150.00	(kN/m ²)
	g2	=	150.00	(kN/m ²)
	g3	=	150.00	(kN/m ²)

	M _{av}	M _{mv}	M _{sv}
reazione	25.00	-25.00	-450.00



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

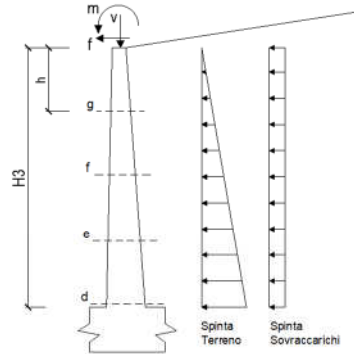
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 213 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00		(-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no		$r = 1$			
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)			
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553		
	componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)			
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 + a_g / g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 / 2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{sismica} = 2 \cdot F_{m1} \cdot h \cdot \beta_m \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h \cdot (1 + \beta_m \cdot \gamma \cdot h^2 / 3)$$

$$N_q = K_o \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{sismica} = 2 \cdot F_{m1} \cdot (1.5 \cdot h)$$

condizioni sezioni

sezione	h	E_t	E_c	E_{ext}	E_{tot}	N_t	N_q	N_{ext}	N_{sism}	N_{tot}
	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1-1	5.00	166.13	166.76	0.00	333.89	42.24	33.80	0.00	50.75	166.76
2-2	3.75	62.52	110.11	0.00	172.63	29.78	25.35	0.00	34.45	113.58
3-3	2.50	23.39	43.64	0.00	67.03	18.98	16.50	0.00	24.98	68.32
4-4	1.25	2.66	12.23	0.00	14.78	2.64	0.45	0.00	17.63	28.67

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

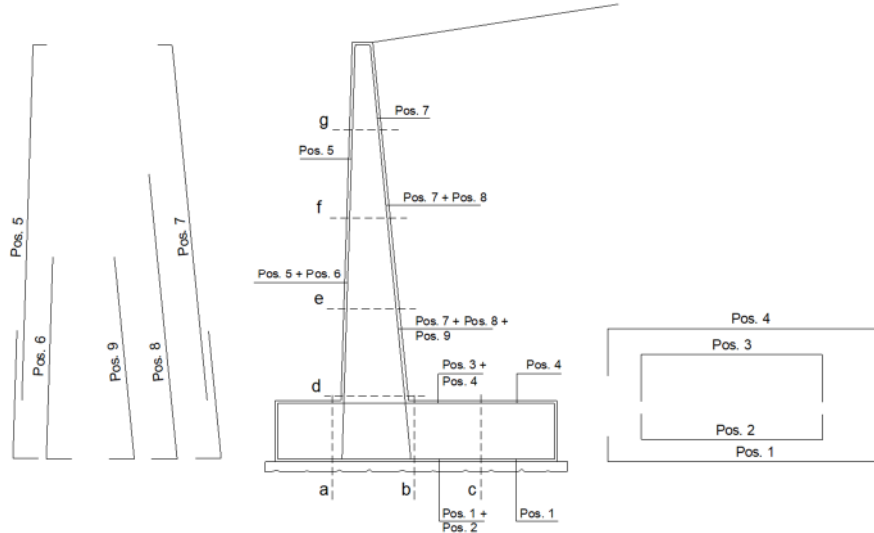
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 214 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

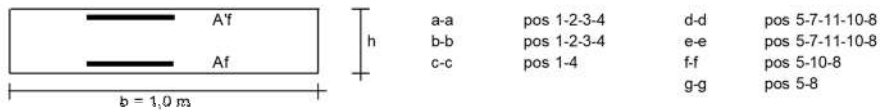


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	16.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	7	5.0	24.0
4	5.0	24.0	8	0.0	0.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	AT	σc	σf	Wt	Wass
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)	(cm²)	(mm)
a - a	23.10	0.00	1.00	15.71	22.62	0.25	16.52	0.023	0.200
b - b	-207.31	0.00	1.00	22.62	15.71	2.57	159.19	0.177	0.200
d - d	356.59	169.79	1.00	22.62	10.05	3.06	143.22	0.192	0.200
e - e	178.63	113.26	0.66	45.24	10.05	1.63	43.55	0.042	0.200

(n.b.: Af = tende le fibre di trazione, AT = tende le fibre di compressione)

N.B. La condizione statica di assunzione come sezione di larghezza costante è ipotetica ($\mu = 0.5$).



2.12PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 215 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

ALLEGATO 4

TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA: TIPO 3

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

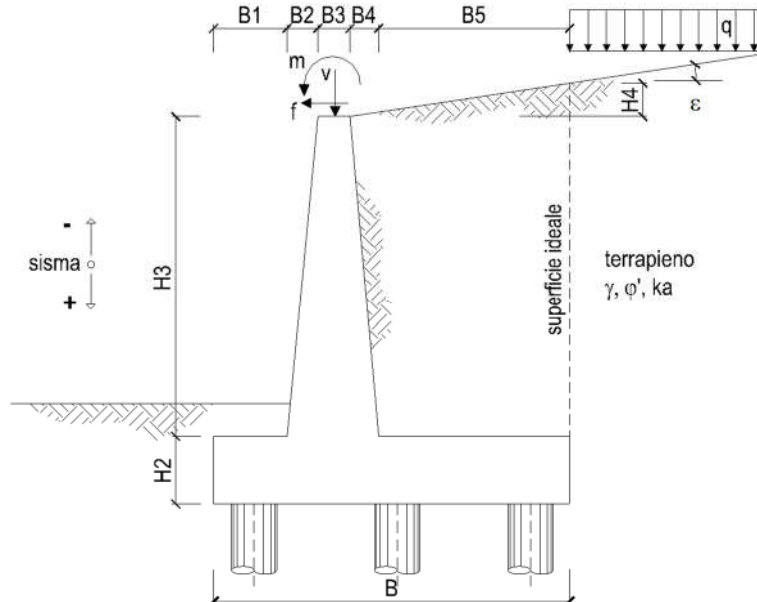
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 216 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------



OPERA con Hmuro = 6.50 m

DATI DI PROGETTO:

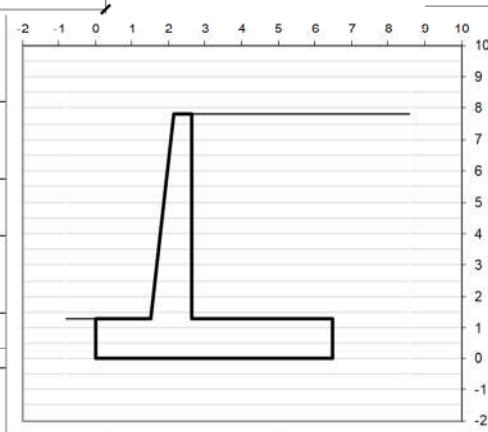
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	6.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.65	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	6.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.30	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.85	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo $\gamma_{cls} = 25.00$ (kN/m³)



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' =$	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' =$	20.00	(kN/m ³)	
Dati Sismici	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon =$	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} =$	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup.id} =$	23.35	(°)	
	Accelerazione sismica	$a_g/g =$	0.220	(-)	S = 1.365 (-)
Dati Sismici	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta_m =$	1.00	(-)
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	il muro ammette spostamenti? (si/no)	$r = 1$		
	coefficiente sismico orizzontale	coefficiente sismico verticale	$k_h =$	0.3003	(-)
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_v =$	0.1502	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$k_o =$	0.426	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$k_{as+} =$	0.44	(-)	0.443
		$k_{as-} =$	0.55	(-)	0.553

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	50.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	12.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 217 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SLU	caso	coefficienti parziali		
		azioni		proprietà del terreno
		permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'
●	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
○	sismica	1.00	1.00	1.25
○	--	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	=	26.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)	
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553
						Val. Norm.

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	75.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	18.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 = (32*18*γ _{ts})/2	=	52.81	(kN/m)
Pm2 = (35*18*γ _{ts})/2	=	61.25	(kN/m)
Pm3 = (34*18*γ _{ts})/2	=	0.00	(kN/m)
Pm4 = (37*12*γ _{ts})/2	=	211.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	345.31	(kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P_T)

P11 = (35*18*γ)	=	500.50	(kN/m)
P12 = (0.5*(34+35)*18*γ)	=	0.00	(kN/m)
P13 = (34*18*γ)/2	=	0.00	(kN/m)
P1 = P11 + P12 + P13	=	500.50	(kN/m)

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL FIDRE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3*B2)	=	102.10	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	195.00	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3*B4)	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	668.56	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	965.67	(kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

M11 = P11*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	2269.79	(kNm/m)
M12 = P12*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
M13 = P13*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	0.00	(kNm/m)
M1 = M11 + M12 + M13	=	2269.79	(kNm/m)



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 218 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE STATICA (A1+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ko = 337.27 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ko = 249.46 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MS11 = Sth \cdot (H2+H3+H4) / 3 = 805.11 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4) / 2 = 893.24 \text{ (kN/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1078.31 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 538.69 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS12 + MSq2 + Mfext3 = 4784.70 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS11 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 1698.35 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 3086.35 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

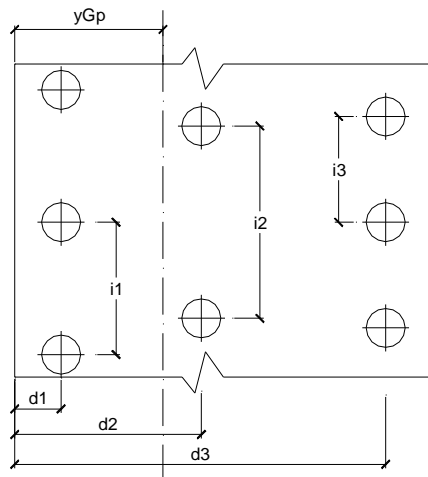
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 219 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		0.80	(m)	interasse pali (i1) =	1.82 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.25	(m)	interasse pali (i2) =	1.82 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		5.70	(m)	interasse pali (i3) =	1.82 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3.250 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp*Np - MM

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	Tp [kN/m]
statico	1078.31	418.16	538.69

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	809.49	654.18	498.86	326.81	436.10

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 220 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

γ_c = 1.9

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.80 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

γ_E = 1.00

γ_S = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

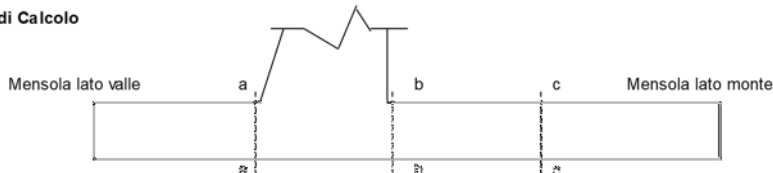
ϵ_{ys} = 0.19%

ϵ_{uk} = 3.000%

ϵ_{ud} = 2.700%

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - c) / 2 - PP (1/2) B_1^2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i (B_5 - B_4) / 2 - [PP (B_5^2) / 2 + p_m B_5^2 + (p_{vb} - p_m) (B_5^2) / 2] (1/2) - (S_{1v} + S_{2v}) * B_5$$

$$M_c = \sum N_i (B_5/2 - B_4) / 2 - [PP (B_5^2) / 2 + p_m (B_5/2)^2 + (p_{vc} - p_m) (B_5/2)^2] (1/2) - (S_{1v} + S_{2v}) * B_5/2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio PP = 32.50 (kN/m)

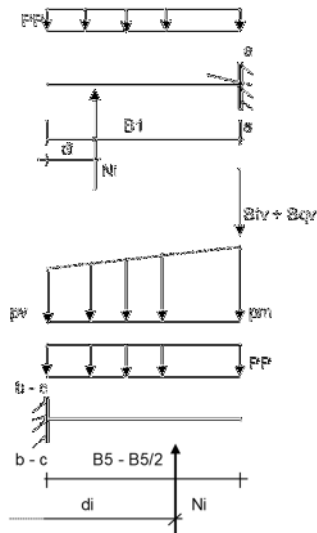
p_m = 169.00 (kN/m²)

p_{vb} = 169.00 (kN/m²)

p_{vc} = 169.00 (kN/m²)

caso	Ma [kNm/m]	Mb [kNm/m]	Mc [kNm/m]
statico	274.78	-1336.83	-512.54

Ta [kN]	Tb [kN]
396.03	-374.74



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

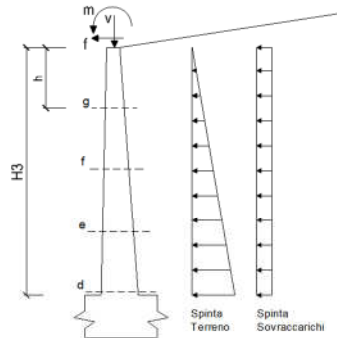
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 221 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S	=	1.37
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	k_a	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)			
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)			
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)				
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot r \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot k_h$$

(solo con sisma)

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a_{vert.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a_{vert.}} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P_m \cdot (1 \pm k_v)$$

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.50	215.04	190.86	0.00	405.90
e-e	4.88	120.96	143.15	0.00	264.11
f-f	3.25	53.76	95.43	0.00	149.19
g-g	1.63	13.44	47.72	0.00	61.16

condizione statica

sezione	h	M _t	M _q	M _{ext}	M _{tot}	N _t	N _q	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.50	465.92	620.31	0.00	1086.22	92.81	82.38	0.00	134.06	309.25
e-e	4.88	196.56	348.92	0.00	545.48	52.21	61.78	0.00	90.64	204.63
f-f	3.25	58.24	155.08	0.00	213.32	23.20	41.19	0.00	53.83	118.22
g-g	1.63	7.28	38.77	0.00	46.05	5.80	20.59	0.00	23.61	50.01

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

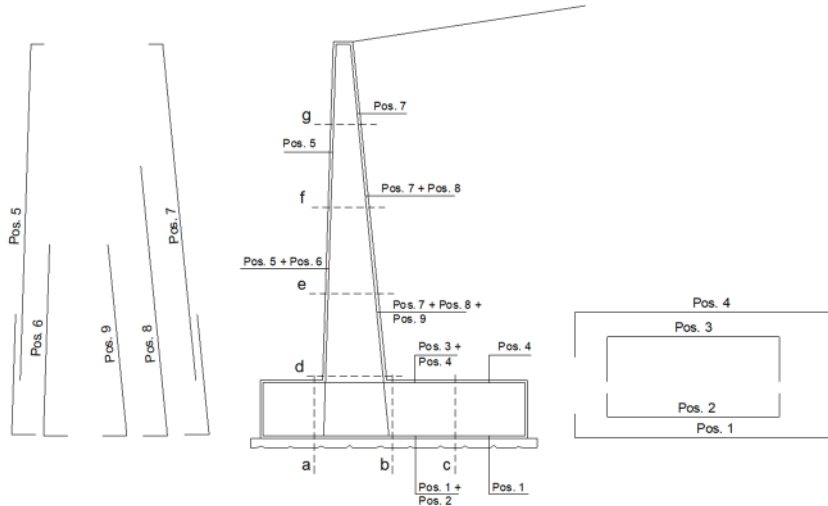
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 222 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

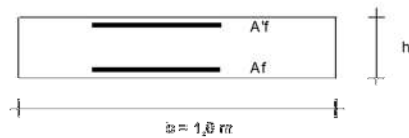


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	24	7	5.0	24
4	5.0	24	8	5.0	24
			9	5.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-7-11-10-8
e-e pos 5-7-11-10-8
f-f pos 5-10-8
g-g pos 5-8

Sez.	Msd	Msd	Tsd	It	Af	Af'	σRsd	σRsd	Tsd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kN/m)	(kN)	(m)
a-a	274.76	0.00	366.03	1.30	15.71	45.34	726.68	0.00	304.59
b-b	-1336.63	0.00	-374.74	1.30	45.34	15.71	3059.14	0.00	439.70
d-d	1896.22	306.25	405.00	1.15	45.34	15.71	1077.57	306.25	446.05
e-e	545.46	204.63	264.11	0.98	45.34	15.71	1013.50	204.63	324.63

(N.B.: M+ tende lo tirò di infrazione, M- tende lo tirò di espansione)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog 01	Rev. B	Pag.di Pag. 223 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	--------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti	temporanee variabili	tan φ'
	○	caso A1+M1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A2+M1	1.00	1.30	1.00
	●	Sismica+M1+R3	1.00	1.00	1.00
def.	○	-	1.10	1.10	1.20

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	23.35	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{sup id}	=	23.35	(°)	
Coeff. di Spinta a riposo sulla superficie ideale	ko	=	0.426	(-)	0.426
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.44	(-)	0.443
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.55	(-)	0.553

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	50.00	(kN/m ²)	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)	
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)	
Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)	
Condizioni Sismiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	12.00	(kN/m ²)	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)	
Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)	
Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)	

VERIFICHE GEOTECNICHE

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 52.81 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 81.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B4 \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 211.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 345.31 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulle scarpe di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 500.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H1 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 500.50 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (S1 + 2/3 \cdot B2) &= & 102.10 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (S1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 105.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (S1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 688.56 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 895.67 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tempo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (S1 + S2 + S3 + S4 + 0.5 \cdot S5) &= & 2289.79 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (S1 + S2 + S3 + 2/3 \cdot (S4 + S5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (S1 + S2 + S3 + 2/3 \cdot S4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 2289.79 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 224 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE SISMICA +
(SISMA+M1+R3)
C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst1 = a_g/g * S^* \gamma^* (H2+H3+H4)^2 = 365.41 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = qs^* (H2+H3+H4)^* kas^* = 41.45 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 * \cos \delta = 335.49 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 * \cos \delta = 38.06 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 * \sin \delta = 144.80 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 * \sin \delta = 16.43 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica +

$$MSst1 = MSst1 + Sst1h^* (H2+H3+H4)/2 = 1927.73 \text{ (kN/m)} \quad \text{- Momento dovuto alla spinta a riposo+Incremento sismico}$$

$$MSst2 = Sst1v^* B = 941.19 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h^* (H2+H3+H4)/2 = 148.43 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v^* B = 106.77 \text{ (kN/m)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm^* kh = 103.70 \text{ (kN/m)}$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt^* kh = 150.30 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt^* kv = 75.15 \text{ (kN/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh^* Pm1^* (H2+H3)/3 = 54.98 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh^* Pm2^* (H2 + H3)/2 = 111.02 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh^* Pm3^* (H2+H3)/3 = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh^* Pm4^* (H2/2) = 41.23 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1+MPs2+MPs3+MPs4 = 207.23 \text{ (kNm/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh^* Pt1^* ((H2 + H3/2) - (B - B5/2)^* 0.5) = 340.05 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh^* Pt2^* ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)^* 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh^* Pt3^* ((H2+H3^*2/3)-(B1+B2+B3+2/3^*B4)^*0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 340.05 \text{ (kNm/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = ms = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = fs^* (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = vs^* (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 1184.99 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 865.75 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 4321.41 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + Mpts = 2623.45 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1697.96 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 225 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE SISMICA -

(SISMA+M1+R3)

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica -

$$Sst2 = a_g \cdot S^* \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 = 365.41 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = q_s \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_{as} = 51.78 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 335.49 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2h = Ssq2 \cdot \cos \delta = 47.54 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 144.80 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2v = Ssq2 \cdot \sin \delta = 20.52 \text{ (kN/m)}$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica -

$$MSst1 = MSst1 + Sst2h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 1927.73 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 941.19 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 185.40 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq2v \cdot B = 133.36 \text{ (kN/m)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$P_s = P_m \cdot k_h = 103.70 \text{ (kN/m)}$$

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$P_{tsh} = P_t \cdot k_h = 150.30 \text{ (kN/m)}$$

$$P_{tsh} = P_t \cdot k_v = -75.15 \text{ (kN/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = k_h \cdot P_m \cdot 1 \cdot (H2+H3)/3 = 54.98 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = k_h \cdot P_m \cdot 2 \cdot (H2 + H3/2) = 111.02 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = k_h \cdot P_m \cdot 3 \cdot (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = k_h \cdot P_m \cdot 4 \cdot (H2/2) = 41.23 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 207.23 \text{ (kNm/m)}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = k_h \cdot P_t \cdot 1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) = 1027.68 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = k_h \cdot P_t \cdot 2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = k_h \cdot P_t \cdot 3 \cdot ((H2+H3 \cdot 2/3) + (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 1027.68 \text{ (kNm/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m_s = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f_s \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v_s \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + Stv + Sst1v + Ssq1v + P_{tsh} = 1038.78 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + Sst1h + Ssq1h + f_s + P_s + P_{tsh} = 875.22 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 4348.00 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + MPts = 3348.03 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 999.97 \text{ (kNm/m)}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

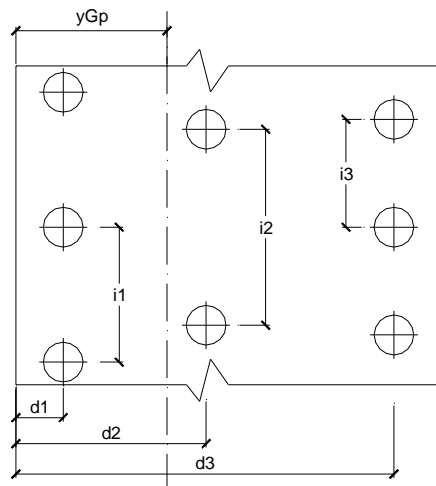
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 226 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		0.80	(m)	interasse pali (i1) =	1.82 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.25	(m)	interasse pali (i2) =	1.82 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		5.70	(m)	interasse pali (i3) =	1.82 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 3.250 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p	M_p	T_p
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
sisma+	1184.99	2153.26	865.75
sisma-	1038.78	2376.08	875.22

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
sisma+	1518.68	718.90	-80.89	525.22	700.86
sisma-	1512.74	630.20	-252.35	530.97	708.53

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 227 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 1.9$

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 15.79 (MPa)

Copriferro

c = 6.80 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

f_{yd} = f_{yk} / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

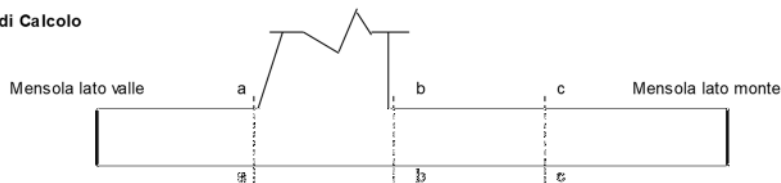
$\epsilon_{ys} = 0.19\%$

$\epsilon_{uk} = 3.000\%$

$\epsilon_{ud} = 2.700\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B_1 - d_i) / 4 - PP (1.25) B_1^2 / 2$$

\sum sovraccarichi e tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i (B_5 - d_i) / 4 - [PP (B_5^2) / 2 + p_{vb} (B_5^2) / 2 + q_{sm} - p_{vb} (B_5^2) / 3] (1.25) - (B_5 - B_5/2) q_{sp} \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i (B_5/2 - d_i) / 4 - [PP (B_5/2)^2 / 2 + p_{vb} (B_5/2)^2 / 2 + q_{sm} - p_{vb} (B_5/2)^2 / 3] (1.25) - (B_5 - B_5/2) q_{sp} \cdot B_5/2$$

\sum sovraccarichi e tutti i pali provenienti dalla mensola

Peso Proprio PP = 32.50 (kN/m)

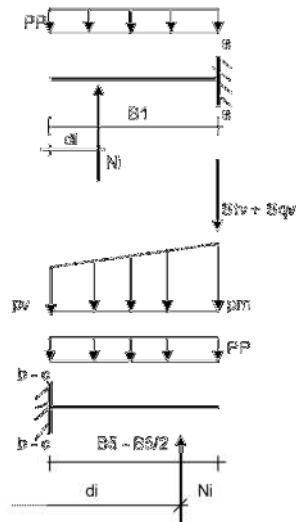
p_{vm} = 130.00 (kN/m²)

p_{vb} = 130.00 (kN/m²)

p_{vc} = 130.00 (kN/m²)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
sisma+	542.06	-1904.43	-706.65
sisma-	550.75	-1875.10	-730.09

Ta	Tb
[kN]	[kN]
778.37	-530.23
789.74	-489.39



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

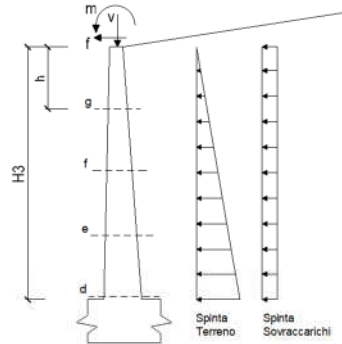
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 228 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	=	0.1502	(-)				
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$$

(solo con sisma)

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{ext} [kN/m]	T _{inerzia} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	6.50	433.92	31.72	0.00	40.26	505.89
e-e	4.88	244.08	23.79	0.00	27.22	295.09
ff	3.25	108.48	15.86	0.00	16.16	140.50
g-g	1.63	74.70	7.93	0.00	7.09	89.72

condizione sismica +

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	6.50	1215.05	103.08	0.00	113.66	1431.79	85.28	13.69	0.00	154.19	253.16
e-e	4.88	512.60	57.98	0.00	59.10	629.68	47.97	10.27	0.00	104.25	162.49
ff	3.25	151.88	25.77	0.00	24.12	201.77	21.32	6.84	0.00	61.91	90.08
g-g	1.63	18.99	6.44	0.00	5.49	30.92	5.33	3.42	0.00	27.16	35.91

condizione sismica -

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	6.50	1215.05	128.75	0.00	113.66	1457.46	78.71	17.10	0.00	113.93	209.74
e-e	4.88	512.60	72.42	0.00	59.10	644.12	44.27	12.82	0.00	77.03	134.13
ff	3.25	151.88	32.19	0.00	24.12	208.19	19.68	8.55	0.00	45.75	73.97
g-g	1.63	18.99	8.05	0.00	5.49	32.52	4.92	4.27	0.00	20.07	29.26

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

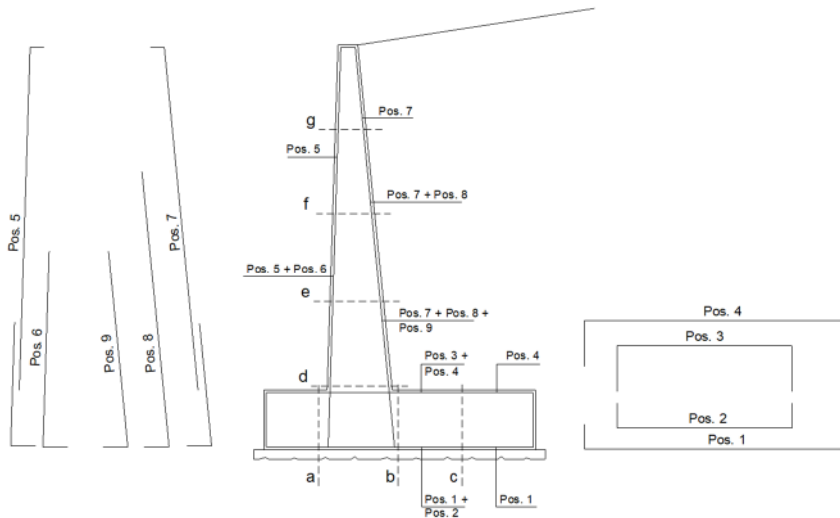
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 229 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

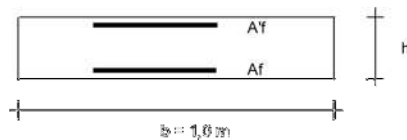


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	20.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	5.0	24.0	7	5.0	24.0
4	5.0	24.0	8	5.0	24.0
			9	5.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	M _{inf} (kNm)	M _{sup} (kNm)	T _{inf} (kN)	h (m)	A _f (cm ²)	A _{f'} (cm ²)	M _{inf} (kNm)	M _{sup} (kNm)	T _{inf} (kN)
a-a	350.75	0.00	780.74	1.30	15.71	45.24	720.00	0.00	304.00
b-b	1004.43	0.00	530.20	1.30	45.24	15.71	2000.14	0.00	433.70
d-d	1457.40	300.74	605.00	1.15	45.24	15.71	1000.00	200.74	460.00
e-e	844.12	154.10	205.00	0.60	22.82	15.71	0.00	194.19	324.80

(q₁: M = fondo lo filtro di drenaggio, M = fondo lo filtro di drenaggio)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 230 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SJD	○ caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○ caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○ sismica	1.00	1.00	1.25
def.	● SLE_RARA	1.00	1.00	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 52.81 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 81.25 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 211.25 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 345.31 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 500.50 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 500.50 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 102.10 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 195.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 686.56 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 983.67 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 2289.79 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 2289.79 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 231 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 259.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 166.31 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$S_{th} = St \cdot \cos \delta = 238.20 \quad (\text{kN/m})$$

$$S_{qh} = Sq \cdot \cos \delta = 152.69 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$S_{tv} = St \cdot \sin \delta = 102.81 \quad (\text{kN/m})$$

$$S_{qv} = Sq \cdot \sin \delta = 65.90 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$M_{St1} = S_{th} \cdot (H2+H3+H4)/3 = 619.31 \quad (\text{kN/m})$$

$$M_{St2} = S_{tv} \cdot B = 668.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$M_{Sq1} = S_{qh} \cdot (H2+H3+H4)/2 = 595.49 \quad (\text{kN/m})$$

$$M_{Sq2} = S_{qv} \cdot B = 428.36 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$M_{fext1} = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$M_{fext2} = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$M_{fext3} = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} = 1014.52 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{St2} + M_{Sq2} + M_{fext3} = 4370.05 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St1} + M_{Sq1} + M_{fext1} + M_{fext2} = 1214.81 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 3155.24 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

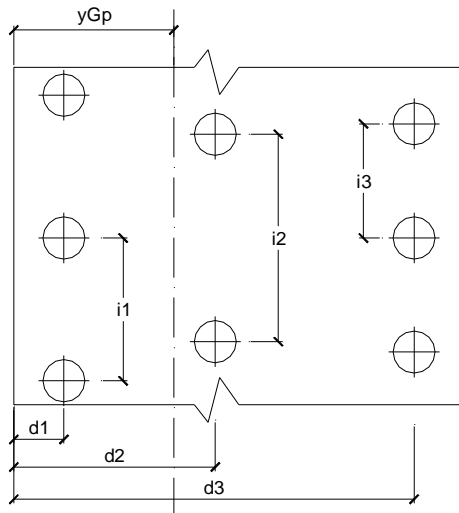
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 232 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		0.80	(m)	interasse pali (i1) =	1.82 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.25	(m)	interasse pali (i2) =	1.82 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		5.70	(m)	interasse pali (i3) =	1.82 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3.250 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp*Np - MM

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN]	Mp [kNm]	Tp [kN/m]
statico	1014.52	141.95	390.89

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	668.20	615.48	562.75	237.14	316.44

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 233 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.80 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

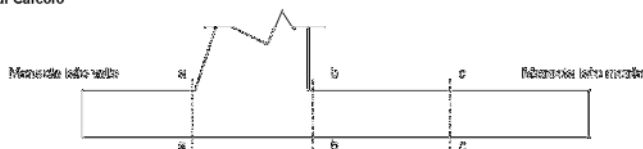
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w₂ = 0.3 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Menzione Lato Valle

$$M_x = \sum (P_i \cdot x_i) - (q \cdot x) \cdot \left(\frac{x}{2} \right)$$

Σ momento a tutti i punti presenti nella mensola

Menzione Lato Monte

$$M_x = \sum (P_i \cdot (a - x_i)) - (q \cdot (a - x)) \cdot \left(\frac{a - x}{2} \right) + (q \cdot x) \cdot \left(\frac{x}{2} \right) - (q \cdot a) \cdot \left(\frac{a}{2} \right)$$

$$M_x = \sum (P_i \cdot (a - x_i)) - (q \cdot (a - x)) \cdot \left(\frac{a - x}{2} \right) + (q \cdot x) \cdot \left(\frac{x}{2} \right) - (q \cdot a) \cdot \left(\frac{a}{2} \right) + (q \cdot a) \cdot \left(\frac{a}{2} \right)$$

Σ momento a tutti i punti presenti nella mensola

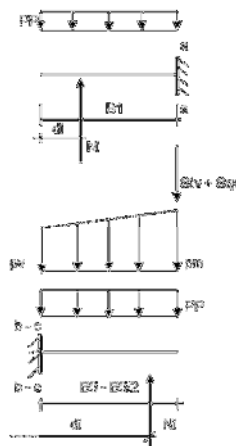
Peso Proprio P_{PP} = 32.00 (kN/m)

q₁ = 120.00 (kN/m²)

q₂ = 120.00 (kN/m²)

q₃ = 120.00 (kN/m²)

carico	M ₁	M ₂	M ₃
totali	225.44	-668.64	-842.25



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

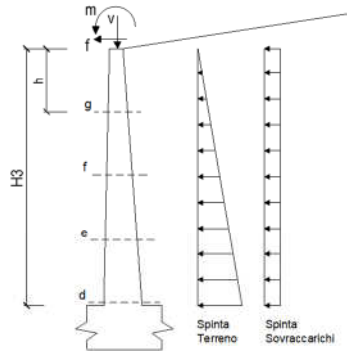
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog 01	Rev. B	Pag.di Pag. 234 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	--------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00				(-)
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no				$r = 1$	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)	0.426			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)				
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)				
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)				
		componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)	0.443		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)				
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)				
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)				
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553				
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)					
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)					

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

$$M_{resistenza} = 2 \cdot F \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \quad (\text{solo con sisma})$$

$$M_{st} = \frac{1}{2} K_{st} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{st} = K_{st} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{st} = \gamma$$

$$M_{st} = 2 \cdot F \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

COMPARAZIONE SEZIONI

sezione	h	M _t	M _q	M _{est}	M _{res}	M _{st}	M _q	M _{est}	M _{res}	M _{st}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
e-d	0.50	359.40	413.54	0.00	771.04	71.38	54.02	0.00	124.60	260.97
e-e	4.00	151.20	232.81	0.00	383.81	40.16	41.19	0.00	80.84	171.68
f-f	0.25	44.80	103.00	0.00	148.18	17.85	27.48	0.00	50.80	80.14
g-g	1.00	5.00	25.00	0.00	31.45	4.48	19.73	0.00	29.81	41.80

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

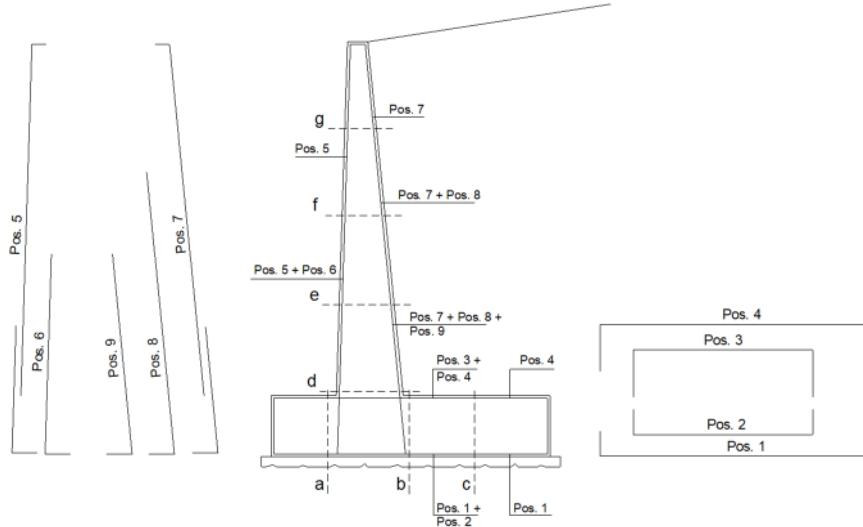
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 235 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

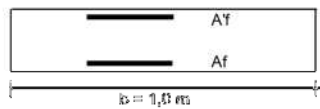


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20.0	5	5.0	20.0
2	0.0	0.0	6	0.0	0.0
3	5.0	24.0	7	5.0	24.0
4	5.0	24.0	8	5.0	24.0
			9	0.0	0.0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizione Stato

Sez.	M	N	h	Af	At	sc	sf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a-a	220.44	0.00	1.30	15.71	45.34	1.40	120.00
b-b	-808.91	0.00	1.30	45.34	15.71	4.00	105.73
d-d	771.04	208.37	1.15	45.34	15.71	4.78	148.50
e-e	352.01	179.00	0.80	22.62	15.71	3.03	164.40

(n.b.: M+ tende in fibre di trazione, M- tende in fibre di compressione)

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 236 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno	
		permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'	
					SUD
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	●	SLE_FR	1.00	0.75	1.00

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 52.81 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 81.25 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 211.25 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 345.31 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma') &= & 500.50 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma') &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma') / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 500.50 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 102.10 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3) &= & 195.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 686.56 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 983.67 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5) &= & 2289.79 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 2289.79 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 237 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 259.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_a = 134.71 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 238.20 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 123.68 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 102.81 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 53.38 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 619.31 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = St \cdot v \cdot B = 668.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 482.35 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 346.97 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1002.00 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 4288.66 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 1101.66 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 3187.00 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

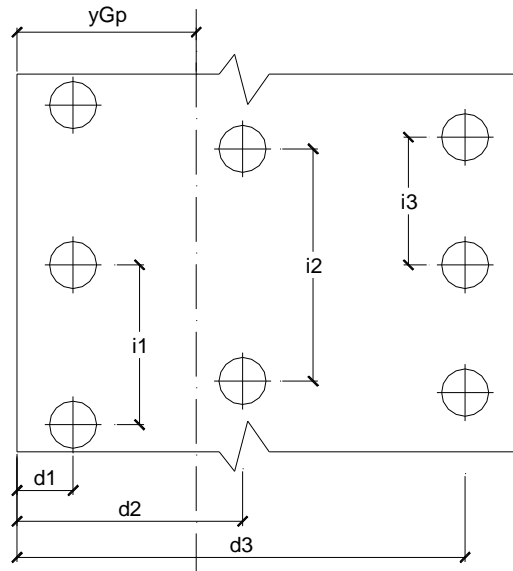
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 238 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		0.80	(m)	interasse pali (i1) =	1.82 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.25	(m)	interasse pali (i2) =	1.82 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		5.70	(m)	interasse pali (i3) =	1.82 (m)
Asse Baricentrico della Palificata	(yGp)	=	3.250	(m)		

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - M$$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p	M_p	T_p
	[kN]	[kNm]	[kN/m]
statico	1002.00	69.50	361.88

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	633.69	607.88	582.07	219.54	292.96

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 239 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rek = 30 (Mpa)

$f_{ctm} = 0.48 \cdot Re_k^{1/2} = 2.63$ (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

$f_{yk} = 450$ (Mpa)

$E_s = 210000$ (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio $n = 15$

Copriferro

$c = 6.80$ (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

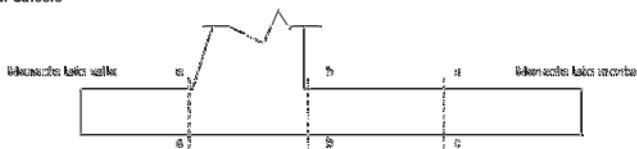
$c_{min} = 2.00$ (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

$w_2 = 0.3$ mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Momento Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_i - a_i) / 2 - P \cdot (L/2 - a_i) / 2$$

Σ momenti e tutti i dati necessari sulla mensola

Momento Lato Monte

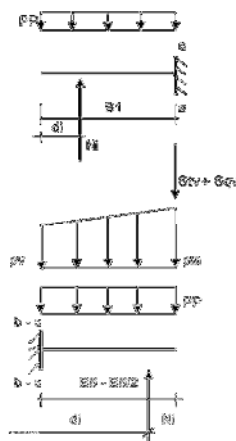
$$M_b = \sum N_i \cdot (B_i - c_i) / 2 - P \cdot (L/2 - c_i) / 2 + p_{av} \cdot B \cdot L / 2 + q_{im} \cdot (p_{av} \cdot B \cdot L^2 / 2) - (2 \cdot q_{im} \cdot B \cdot L) \cdot L / 2$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_i - d_i) / 2 - P \cdot (L/2 - d_i) / 2 + p_{av} \cdot B \cdot L / 2 + q_{im} \cdot (p_{av} \cdot B \cdot L^2 / 2) - (2 \cdot q_{im} \cdot B \cdot L) \cdot L / 2$$

Σ momenti e tutti i dati necessari sulla mensola

Peso Proprio	P-P	=	32.50	(kN/m)
	p _{av}	=	162.00	(kN/m ²)
	p _{sb}	=	162.00	(kN/m ²)
	p _{sc}	=	162.00	(kN/m ²)

sezione	M _a	M _b	M _c
	(kNm/m)	(kNm/m)	(kNm/m)
alcune	207.17	-816.84	-214.21



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

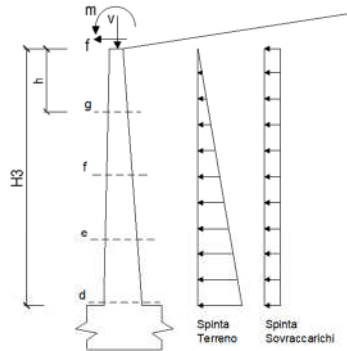
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 240 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	r = 1				
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.3003	(-)			
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.1502	(-)			
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	k_0	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.392	(-)			
	componente verticale	k_{av}	=	0.169	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.443	(-)	0.443		
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.407	(-)			
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.175	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.553	(-)	0.553			
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.508	(-)				
componente verticale	k_{asv-}	=	0.219	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$\text{opp. } \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g/g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{sost} = 2 F \cdot h \cdot \gamma \cdot h/3 \quad (\text{solo con sisma})$$

$$M_t = \frac{1}{2} K_{0,red} \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)^2 \cdot h/3$$

$$M_q = K_{0,red} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{sost} = 2 F \cdot h \cdot \gamma \cdot (1.25 \cdot h)$$

sez./strada	CARICAZIONE SISMICA									
	M_t	M_q	M_{ext}	M_{sost}	M_{tot}	M_{tot}	M_{tot}	M_{tot}	M_{tot}	M_{tot}
e-d	0.50	359.40	334.87	0.00	359.36	71.38	44.48	0.00	134.00	240.94
e-s	4.88	151.20	189.42	0.00	359.32	40.16	38.38	0.00	80.84	164.17
s-d	0.25	44.80	83.74	0.00	128.54	17.85	22.24	0.00	50.80	93.92
s-s	1.83	5.60	20.84	0.00	26.54	4.48	11.12	0.00	28.81	59.20

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

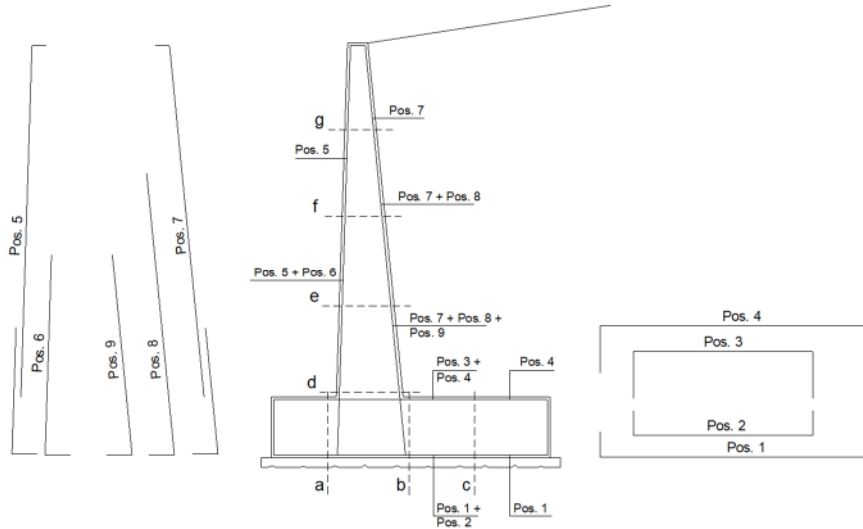
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 241 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

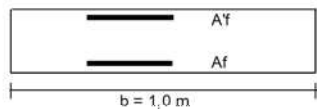


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	24	7	5.0	24
4	5.0	24	8	5.0	24
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

Condizione Statica

Sez.	h	N	h	Af	Af	σc	σc'	σst	σst'
(-)	(kN/m)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)	(mm)	(mm)
a - a	207.17	0.00	1.30	15.71	45.24	1.52	112.85	0.168	0.300
b - b	-310.84	0.00	1.30	45.24	15.71	4.43	160.40	0.171	0.300
d - d	683.39	246.64	1.15	45.24	15.71	4.50	151.84	0.125	0.300
e - e	330.82	184.17	0.90	22.82	15.71	3.48	143.15	0.175	0.300

(n.b.: Af tende le fibre di intradosso, Af' tende le fibre di estradosso)

N.B. La condizione statica si assume come sezione di larghezza unitaria (b=0.5).

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 242 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno	
		permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'	
					SUD ○
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD ○	sismica	1.00	1.00	1.25	
def. ●	SLE_QP	1.00	0.00	1.00	

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 52.81 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 81.25 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 211.25 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 345.31 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 500.50 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 500.50 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

B) MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 102.10 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3) &= & 195.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 686.56 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 983.67 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5) &= & 2289.79 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 2289.79 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 243 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CONDIZIONE STATICA

C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot k_0 = 259.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka = 39.91 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 238.20 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 36.65 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 102.81 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 15.82 \quad (\text{kN/m})$$

D) MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4)/3 = 619.31 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 668.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2 = 142.92 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 102.81 \quad (\text{kN/m})$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 964.43 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 4044.50 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 762.23 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 3282.27 \quad (\text{kNm/m})$$

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

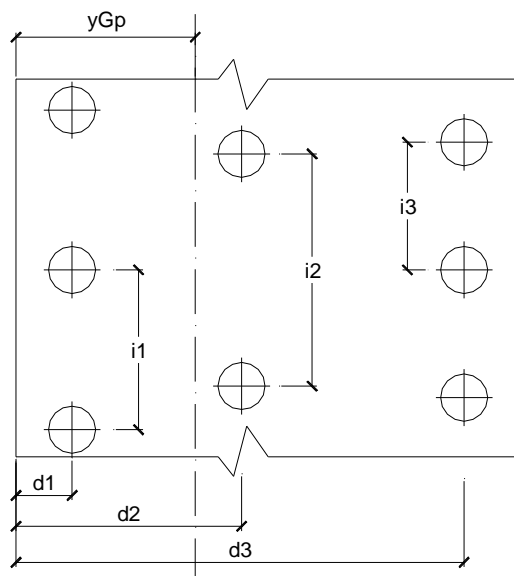
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 244 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	0.80	(m)		
Fila n°1	distanza asse bordo valle (d1) =		0.80	(m)	interasse pali (i1) =	1.82 (m)
Fila n°2	distanza asse bordo valle (d2) =		3.25	(m)	interasse pali (i2) =	1.82 (m)
Fila n°3	distanza asse bordo valle (d3) =		5.70	(m)	interasse pali (i3) =	1.82 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y_{Gp}) = 3.250 (m)

Risultante forze verticali ($N_p = N$)

Risultante forze orizzontali ($T_p = T$)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M_p)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N_p [kN]	M_p [kNm]	T_p [kN/m]
statico	964.43	-147.85	274.84

Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	530.17	585.09	640.01	166.74	222.50

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 245 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fctm = 0.48 * Rck^{1/2} = 2.63 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro

c = 6.80 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

Copriferro minimo di normativa

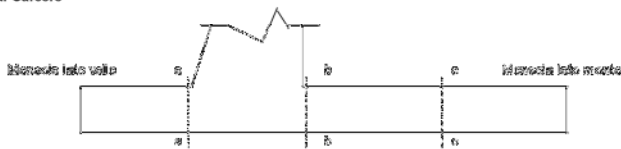
c_{min} = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

Valore limite di apertura delle fessure

w_l = 0.2 mm

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Momento a L=0

$$M_0 = \sum H_i (B_i - d) / 2 - PP (L/2 + B/2)^2$$

Σ calcola su tutti i pali presenti nella traversata

Momento a L=L/2

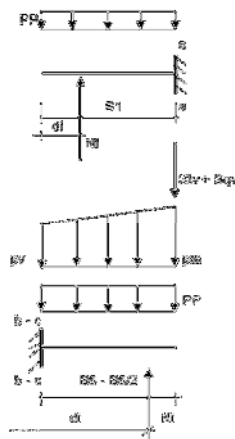
$$M_{L/2} = \sum H_i (B_i - d) B_i / 2 - PP (L/2 + B/2)^2 + (g_{11} + g_{21}) (L/2 + B/2)^2 / 2 - (g_{11} + g_{21}) (L/2 + B/2) * B/2$$

$$M_{L/2} = \sum H_i (B_i - d) B_i / 2 - PP (L/2 + B/2)^2 + (g_{11} + g_{21}) (L/2 + B/2)^2 / 2 - (g_{11} + g_{21}) (L/2 + B/2) * B/2$$

Σ calcola su tutti i pali presenti nella traversata

Peso Proprio	PP	=	32.50	(kN/m)
	g ₁₁	=	1.89.00	(kN/m ²)
	g ₂₁	=	1.89.00	(kN/m ²)
	g ₂₂	=	1.89.00	(kN/m ²)

	M ₀	M _{L/2}	M _{1/3}
	(kNm/m)	(kNm/m)	(kNm/m)
32.50	107.55	-804.84	-808.00



2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

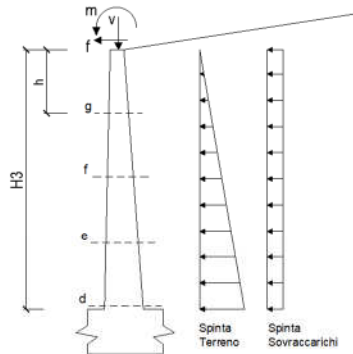
OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 246 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.220	(-)	S	=	1.365	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		β_m	=	1.00		(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no							
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.3003	(-)				
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1502	(-)				
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)	0.426			
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)				
	componente verticale	kav	=	0.169	(-)				
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.443	(-)	0.443			
	componente orizzontale	kash+	=	0.407	(-)				
	componente verticale	kasv+	=	0.175	(-)				
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.553	(-)	0.553				
componente orizzontale	kash-	=	0.508	(-)					
componente verticale	kasv-	=	0.219	(-)					

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 / 3 + a_g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 / 2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + P \cdot h$$

$$M_{sost} = 2 \cdot F \cdot m \cdot h \cdot h / 2 \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h \cdot (1 + \cos^2 \alpha) \cdot h$$

$$N_q = K_o \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = P$$

$$N_{sost} = 2 \cdot F \cdot m \cdot (1.5 \cdot h)$$

condizioni sezioni

sezione	h	M_t	M_q	M_{ext}	M_{sost}	N_t	N_q	N_{ext}	N_{sost}	N_{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
1-1	6.80	359.40	413.54	0.00	771.94	71.36	54.92	0.00	134.88	268.37
2-2	4.25	151.30	232.31	0.00	383.81	40.18	41.19	0.00	81.84	171.95
3-3	3.25	44.60	103.36	0.00	148.16	17.66	27.46	0.00	59.63	98.14
4-4	1.85	8.60	25.65	0.00	31.45	4.46	13.73	0.00	23.61	41.80

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

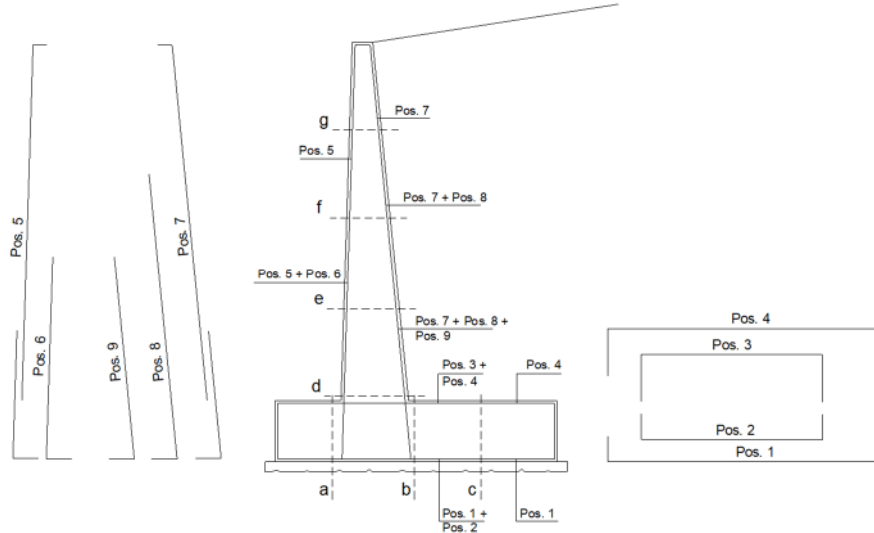
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muro di sottoscarpa in SX dal km 5+500 al km 5+684 - Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0023	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 247 di 247
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

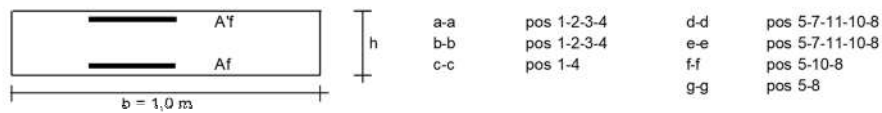


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	20
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	24	7	5.0	24
4	5.0	24	8	5.0	24
			9	5.0	0

Calcola

VERIFICHE



Condizione Statica

sez.	M	M	h	A _f	A _t	σ _c	σ _f	W _e	W _{ass}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(cm ³)	(mm)
a - a	167.35	0.00	1.30	15.71	45.24	1.95	31.16	0.126	0.200
b - b	-984.04	0.00	1.30	45.24	15.71	3.30	194.42	0.127	0.200
d - d	771.04	260.37	1.15	45.24	15.71	4.75	148.58	0.140	0.200
e - e	363.51	171.33	0.33	45.24	15.71	3.11	93.53	0.060	0.200

(n.b.: M_f - tende le fibre di trazione, M - tende le fibre di compressione)

N.B. La condizione statica di assente come azione di lunga durata è rispettata ($\mu_2=0.5$).