

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

CONTRAENTE GENERALE:	Il Responsabile del Contraente Generale:
	

PROGETTAZIONE:	ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:
<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">Partecipazioni Italia S.p.A.</p> <p style="margin: 5px 0 0 0;">IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</p>	 <p style="margin: 0;">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 style="margin: 5px 0 0 0;">IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio Tosiani</p>

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

<p style="margin: 0;">2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</p> <p style="margin: 0;">3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia</p> <p style="margin: 0;">OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA SOTTOVIA STRADA CASALE DI MECCIANO AL Km 5+804 Relazione tecnica e di calcolo muri d'ala</p>	<p style="margin: 0;">SCALA: ---</p> <p style="margin: 5px 0 0 0;">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	OM 0 0 0 3	REL	0 2	A

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
A	Novem. 2021	Emissione Progetto di Dettaglio	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani S. Lieto

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 1 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

INDICE

1. PREMESSA	2
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
1.2 UNITÀ DI MISURA.....	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE	7
3.2 COPRIFERRI	8
3.3 BIBLIOGRAFIA	9
4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	10
4.1 MODELLO GEOTECNICO.....	11
5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI	12
5.1 ANALISI DEI CARICHI	12
5.1.1 Peso proprio.....	12
5.1.2 Spinta del terreno.....	12
5.1.3 Spinta in presenza di falda.....	12
5.1.4 Spinta del sovraccarico.....	13
5.1.5 Azioni Sismiche.....	13
5.1.6 Forze d'inerzia	13
5.1.7 Spinta sismica terreno	14
5.2 COMBINAZIONI DI CARICO.....	15
5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI.....	15
5.2.2 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita.....	17
5.2.3 Stati Limite di Esercizio.....	18
6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	21
6.1 VERIFICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE DIRETTA	21
7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI SU FONDAZIONE DIRETTA ...	23
7.1 SCHEMA DI CALCOLO	23
7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI DIRETTE	24
7.3 CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	25
7.3.1 Verifiche per gli stati limite ultimi	25
7.3.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	27
7.3.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	28
7.4 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI MURO	30
7.4.1 Muro Hcal=6.50 m	30
8. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2).....	33
8.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI	35
ALLEGATO 1.....	37
TABULATI DI CALCOLO MURO H=6.50 M.....	37

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	4 di 63

SEZIONE D-D

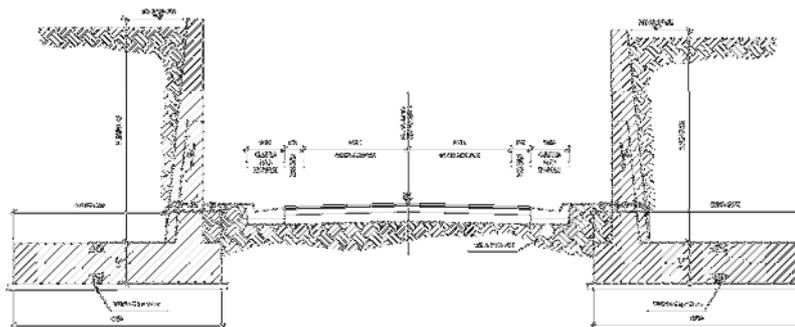


Figura 1.3 – Sezioni trasversali

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Come detto in precedenza, l'opera è costituita da muri d'ala ad altezza variabile con fondazione diretta.

Sono stato studiati i conci di muro con le seguenti altezze di calcolo:

- 1) Sez. D-D: altezza di calcolo pari a $3.20 + (8.12 - 3.20) \cdot \frac{2}{3} \cong 6.50$ m;

Si riportano di seguito le sezioni trasversali:

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	5 di 63

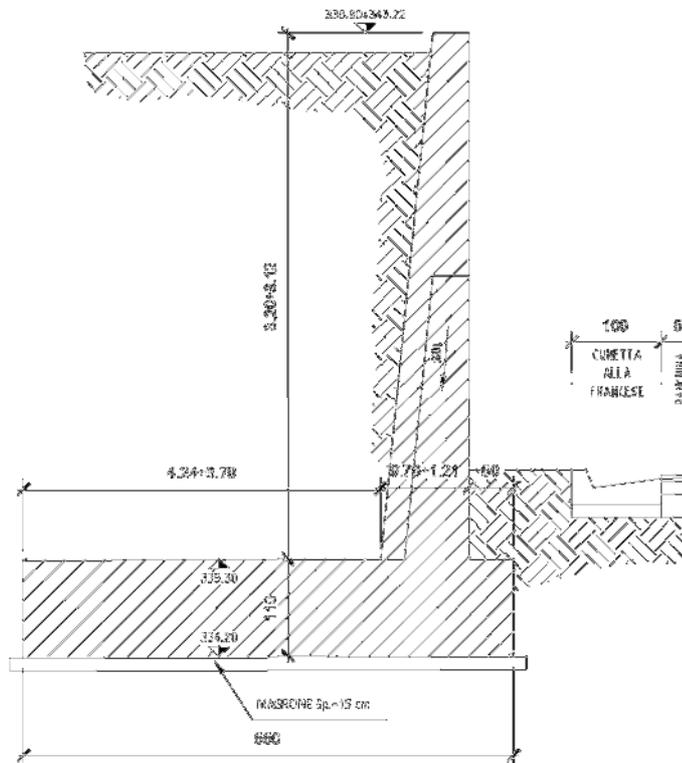


Figura 1.4 – Sezioni trasversale: SEZ. D-D

1.2 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

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

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 6 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del progetto strutturale e geotecnico esposto nel presente documento, si è fatto riferimento alle seguenti normative e specifiche nazionali e comunitarie:

- **D.M. 14/01/2008.**
Norme tecniche per le costruzioni.
- **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 EN 206-1-2001:** Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- **UNI 11104-2004:** Specificazione, prestazione, produzione e conformità: Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **Linee Guida sul calcestruzzo strutturale** - Servizio Tecnico Centrale dei Lavori Pubblici – dicembre 1996 (L.G.S.T.C.)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	7 di 63

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nei paragrafi seguenti si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera.

3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE

Si riportano qui di seguito le caratteristiche prestazionali dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione delle opere definitive di sostegno, secondo la normativa in vigore (punti 4.1.2.1 e 11.2.10 del DM 14.01.08) e con riferimento al metodo di calcolo agli stati limite.

- **CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE**

- Classe di resistenza: C32/40
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XA2
- dimensione massima dell'inerte: $D_{max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $c_{f,min} \geq 60 \text{ mm}$

- **CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO PER LE FONDAZIONI**

- Classe di resistenza: C32/40
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XA2
- dimensione massima dell'inerte: $D_{max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $c_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

- **CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO PER L'ELEVAZIONE**

- Classe di resistenza: C25/30
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XC2
- dimensione massima dell'inerte: $D_{max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $c_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 8 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

- **ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA DA C.A.**

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540$ MPa
- tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450$ MPa
- allungamento caratteristico: ≥ 7.5 %
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento: $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.2 COPRIFERRI

La scelta del copriferro minimo di progetto c_{min} inteso come lo spessore minimo del ricoprimento dello strato di calcestruzzo a protezione dei ferri d'armatura è stato determinato in base a quanto indicato nella circolare Esplicativa, tenendo conto della classe di esposizione ambientale e della classe del Calcestruzzo prevista.

Nello specifico, tenendo conto della classe di esposizione ambientale desunta dalle analisi specifiche condotte nei riguardi dell'attacco chimico, che hanno evidenziato una **Classe di Esposizione XA2** e pertanto **Condizioni Ambientali "Aggressive"** per il solettone di fondazione. Mentre per i piedritti e il solettone superiore si ha una **Classe di Esposizione XC2** e pertanto **Condizioni Ambientali "Ordinarie"**.

In relazione a quanto riportato in tabella 4.1.III del DM 14.01.08, per le classi di calcestruzzo previste è prescritto un copriferro minimo $c_{min} \geq 35$ mm per il solettone di fondazione e per l'elevazione.

In definitiva ai fini progettuali si è assunto **c=40mm** per i muri così come riportato all'interno della tabella materiali opere minori (strutture a contatto con il terreno).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab 4.1.III – DM 14.01.08

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 9 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tab C4.1.IV – Circolare n° 617/09

3.3 BIBLIOGRAFIA

- [1] Becci B., Nova R. (1987) "Un metodo di calcolo automatico per il progetto di paratie". Rivista Italiana di Geotecnica, 1.
- [2] Bustamante M., Doix B. (1985) "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés". Bull. Liaison Labo. P.et Ch. 140, nov-dic 1985
- [3] Tanzini M. (2004): "Micropali e pali di piccolo diametro". Ed. Dario Flaccovio.
- [4] Hoek, E. and Brown, E.T. (1980) "Empirical strength criterion for rock masses". J. Geotech. Engng Div., ASCE 106(GT9), 1013-1035.
- [5] Hoek E. et al. (2002) "Hoek-Brown failure criterion-2002 edition". Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symp., Toronto, Canada.

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 10 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno interagente con le fondazioni delle opere oggetto di dimensionamento nel presente documento, si è fatto riferimento a quanto dettagliatamente indicato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico Generale di Progetto TAV. 4 DI 8 doc. 02-GE0001PRF04, da cui si evince che le formazioni più superficiali che interagiscono con le fondazioni, sono generalmente costituite dalle unità geotecniche **As**, **Salt** e **Pa**, di cui nel seguito si riepilogano i parametri fisico-meccanici attribuiti sulla scorta dei risultati delle indagini effettuate:

Unità As - Depositi alluvionali sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 33\div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_o = 150\div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

$\gamma = 19.0\div 21.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 23\div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5\div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 20\div 22^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 50\div 300 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 80\div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 400\div 900 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Pa – Substrato pelitico arenaceo

$\gamma = 22.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$E'_{op} = 20+5.75\cdot z \text{ MPa per } z < 40\text{m}$	modulo di deformazione elastico operativo
$E'_{op} = 100+3.75\cdot z \text{ MPa per } z > 40\text{m}$	

Z [m]	c' [kPa]	ϕ' [°]
20	35÷80	23÷31
30	80÷120	22÷28
50	120÷150	20÷26

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 11 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

4.1 MODELLO GEOTECNICO

Nei dimensionamenti delle opere si è considerata dunque la seguente stratigrafia:

LITOTIPO		POTENZA in asse stdada	γ	c'	ϕ'	E_{op}
		m	kN/m ³	kPa	°	MPa
Unità As – Depositi alluvionali sabbiosi	As	5.00	19	0	33	50
Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso	Salt	2.00	19	10	26	130
Unità Pa – Substrato pelitico arenaceo	Pa	In poi	22.5	35	23	70

La falda è posta ad intradosso fondazione.

I parametri di resistenza sopra riportati sono da intendersi in termini di tensioni efficaci, in quanto il calcolo è stato sviluppato in condizioni drenate.

Dall'analisi congiunta del profilo geologico, della relazione geologica e delle sezioni geologiche interpretative, è possibile sintetizzare alcune considerazioni sulle condizioni idrogeologiche della zona, ai fini della progettazione delle opere di sostegno in esame.

Le caratteristiche del rilevato al di sopra del p.c. sono le seguenti:

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

$$\phi' = 35^\circ$$

$$E' = 30 \text{ MPa}$$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 12 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI

Nell'ambito del presente paragrafo, si descrivono i criteri generali adottati per l'Analisi e relative verifiche strutturali e geotecniche delle opere oggetto di dimensionamento.

5.1 ANALISI DEI CARICHI

5.1.1 Peso proprio

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del c.a. $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$.

5.1.2 Spinta del terreno

Peri muri su pali che non ammettono spostamenti, per la valutazione delle Spinte del terreno sul paramento, è stata assunta la spinta a riposo $k_0 = 1 - \sin(\phi')$, mentre per i muri su fondazione diretta si adotta il coefficiente di spinta attiva $k_a = (1 - \sin(\phi')) / (1 + \sin(\phi'))$.

L'analisi del muro viene effettuata su una striscia longitudinale unitaria. Pertanto, tutte le azioni sono riferite ad uno sviluppo unitario del muro.

Per quanto riguarda l'angolo di attrito tra paramento e terreno si adotta il valore di $0.667\phi'$.

Mentre nel caso di muri su fondazione diretta, l'angolo di attrito fondazione-terreno nelle verifiche a scorrimento è pari a $\phi'_{cv} = \arctan(0.85 \cdot \tan\phi')$.

5.1.3 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 13 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

5.1.4 Spinta del sovraccarico

Visto la vicinanza della sede stradale a monte della parete si è considerato un sovraccarico stradale pari a 20 kN/m².

5.1.5 Azioni Sismiche

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

5.1.6 Forze d'inerzia

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v * W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \frac{a_{max}}{g} S_s S_t \beta_m$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h$$

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

$$a_{max} = S a = S_s S_t a_g$$

Nel caso specifico, in accordo a quanto già riportato al precedente paragrafo risulta:

- $T_{R, SLV}$ = 712 anni;
- $a_{g, SLV}$ = **0.220 g**;
- $F_{0, SLV}$ = **2.544**;
- $T_{c, SLV}^*$ = **0.333 sec.**

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 14 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Potendo considerare generalmente sottosuoli di **tipo C** per l'intero lotto in progetto, risulta nel caso in esame:

Cat Suolo	C	
$S_s =$	1.384	
$S_T =$	1.00	
$a_{max} [m/s^2] =$	2,987	
$\beta_m =$	1.00	- Muri su pali
$K_h [-] =$	0.304	Coefficiente sismico orizzontale
$K_v [-] =$	0.152	Coefficiente sismico verticale

5.1.7 Spinta sismica terreno

Per i muri su fondazione diretta si applica un incremento di spinta ΔF pari alla differenza fra la spinta totale F_{sd} esercitata dal terreno retrostante in condizioni sismiche (calcolata con il metodo di Mononobe-Okabe) e quella statica F_s :

$\Delta F = F_{sd} - F_s =$ incremento di spinta corrispondente all'effetto sismico (applicata a metà del muro).

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 15 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

5.2 COMBINAZIONI DI CARICO

5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio.
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi

Tali verifiche sono state effettuate prevedendo le due seguenti combinazioni di coefficienti (Approccio 2):

- Combinazione 1: A1+M1+R3

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle tab delle NTC 2008 tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nelle condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera sono stati valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza delle opere adiacenti.

In particolare, in condizioni sismiche devono essere condotte verifiche nei confronti dello stato limite di danno. Gli spostamenti permanenti indotti dal sisma devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.

In particolare, sono stati verificati i seguenti stati limiti ultimi:

- ❖ Verifica del muro di sostegno

SLU di tipo geotecnico e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- ribaltamento.

SLU di tipo strutturale

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	VVBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 16 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	----------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

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.

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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

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

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

Nelle verifiche di sicurezza per effetto delle azioni sismiche si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1).

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 17 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Sono stati considerati i seguenti Stati Limite.

5.2.2 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti. Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

rappresenta pretensione e precompressione;

azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$ coefficienti parziali come definiti nella Tab. 6.2.I del DM 14 gennaio 2008;

ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 18 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G₁ rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G₂ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P_k rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i.

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	ψ _{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B – Uffici	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

5.2.3 Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 19 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

combinazione caratteristica o rara
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione frequente
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione quasi permanente
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

Dove:

G_{kj} valore caratteristico della j-esima azione permanente;

P_{kh} valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;

Q_{k1} valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;

Q_{ki} valore caratteristico della i-esima azione variabile;

Ψ_{0i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;

Ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

Ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti Ψ_{1i} , Ψ_{2i} , Ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico variabile è stata considerata sollecitazione di base, con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento, sono state

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 20 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "*Quasi Permanente*", "*Frequente*" e "*Rara*".

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 21 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA

Si descrivono nel seguito i criteri generali seguiti per l'effettuazione delle verifiche di stabilità globale e locale dell'opera di sostegno.

6.1 VERIFICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE DIRETTA

Per la verifica della capacità portante delle Fondazioni superficiali, si è fatto ricorso alla teoria di Brinch-Hansen secondo la quale, il carico limite di una fondazione superficiale, è valutabile attraverso le seguenti espressioni:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \quad (\text{Caso di Carico Verticale})$$

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \quad (\text{Caso di Carico Inclinato})$$

dove:

Il prodotto $\gamma_1 \mathbf{D}$ presente nel 2° termine, corrisponde al valore della pressione efficace sul piano di appoggio della fondazione che quindi nel caso più generale di falda tra piano campagna e piano di posa fondazione, corrisponde a:

$$\gamma'_1 \mathbf{x} h_w + \gamma_1 \mathbf{x} (\mathbf{D} - h_w)$$

con la specifica inoltre che in tal caso, alla formula trinomia va aggiunto l'ulteriore termine

$$\gamma_w \mathbf{x} h_w$$

Allo stesso modo, per falda presente nel volume di terreno potenzialmente interessato dal meccanismo di rottura, il γ_2 del terzo termine della trinomia corrisponde al peso di volume efficace della terreno di fondazione γ_2'

γ_2 (γ_2') = peso di volume dello strato di fondazione;

γ_w = peso di volume falda

h_w = quota falda rispetto al piano di posa della fondazione

B' = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B' = B - 2e$;

e = eccentricità del carico rispetto al baricentro della fondazione

L' = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $L' = L - 2e$;

c = coesione efficace dello strato di fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id.doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 22 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

s_c, s_q, s_y = fattori di forma della fondazione;

d_c, d_q, d_y = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

i_c, i_q, i_y = fattori di inclinazione del carico;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \phi; \quad N_q = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot tg \phi)}; \quad N_\gamma = (N_q - 1) \cdot tg(1.4 \cdot \phi)$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot Kp \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + 0.1 \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{B}{L}; \quad s_{\gamma q} = s_q$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot tg \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{D}{B_f}; \quad d_q = 1 + 0.1 \cdot tg \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{D}{B_f}; \quad d_\gamma = d_q$$

$$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \right)^2; \quad i_q = i_c; \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ} \right)^2$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;

θ = inclinazione della risultante sulla verticale;

D = profondità della fondazione.

** nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\phi = 0$) si assume: $s_q = 1$; $s_\gamma = 1$; $d_q = 1$; $d_\gamma = 1$;

$i_\gamma = 0$

La verifica a carico limite andrà in definitiva condotta controllando che risulti:

$$Q_d < Q_{lim} / \gamma_r$$

Dove:

Q_d : carico di Progetto in fondazione

Q_{lim} : Portanza limite caratteristica della fondazione

γ_r : Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'approccio di progetto considerato

ovvero pari a $R3=1.40$ per le combinazioni A1+M1+R3, sia statiche che sismiche

7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI SU FONDAZIONE

DIRETTA

7.1 SCHEMA DI CALCOLO

In figura 7.1 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche geotecniche:

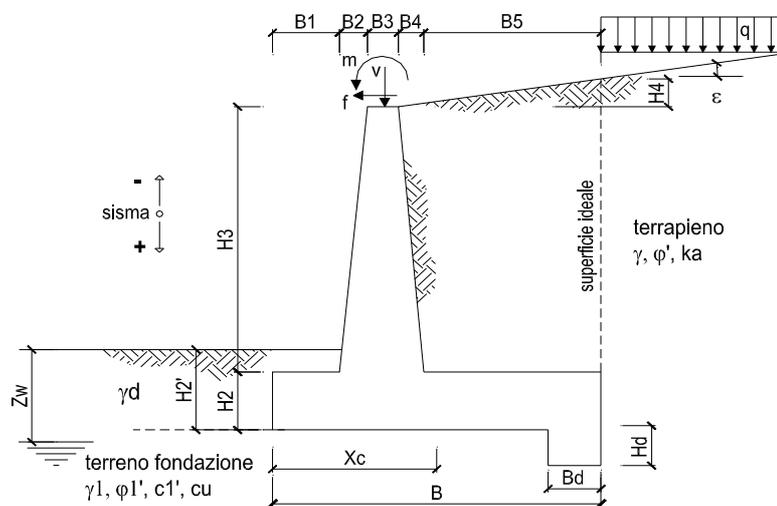


Figura 7.1 – Schema di calcolo

OPERA Hmuro = 6.50 m

DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	6.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.65	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	5.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.95	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.75	(m)

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

Figura 7.2 – Geometria muro

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	VBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 24 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI DIRETTE

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

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S _{cr,Max}	Ribaltamento	R _{ib,Max}	Capacità portante	C _{ap.P_{ort,Max}}	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	11.64
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S _{cr,Max}	Ribaltamento	R _{ib,Max}	Capacità portante	C _{ap.P_{ort,Max}}	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	2.67	> 1.10	5.41	> 1.10	8.13	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	2.30	> 1.10	4.98	> 1.10	6.52	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	2.26	> 1.10	3.88	> 1.10	6.65	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	4.26	> 1.10	-	-	-

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 25 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

7.3 CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

7.3.1 Verifiche per gli stati limite ultimi

Le sollecitazioni per le successive verifiche vengono calcolate in una serie di sezioni predefinite sia sul paramento che sulla fondazione a monte ed a valle (muri a mensola).

Esse sono in genere a passo costante, ma se esistono delle singolarità, come ad es. gradoni, speroni, mensole esse vengono opportunamente posizionate in corrispondenza di tali punti.

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni in base al D.M. 14 gennaio 2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'eventuale azione del sisma.
-

per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 26 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

seguito in presenza di pressoflessione retta, utilizzato per verificare le seguenti sezioni:

Paramento: attacco con la fondazione, a mezza altezza e ad ogni variazione non continua di sezione.

- Fondazione: le due sezioni, rispettivamente a valle e a monte, di attacco con il Paramento.
- Mensola: la sezione di attacco con il Paramento.
- Sperone: la sezione di attacco con la Fondazione.

Viene ipotizzata un'armatura iniziale che rispetti i minimi normativi, quindi per tutte le coppie (N, Mx), individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il momento ultimo in funzione di N, quindi il coefficiente di sicurezza rapportando tale momento ultimo a Mx.

Se per almeno una di queste coppie il coefficiente di sicurezza risulta inferiore a 1 si incrementa l'armatura e si ripete il procedimento fino a che per tutte le coppie (N, Mx) il coefficiente di sicurezza risulta al più pari a 1.

Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la coppia (N, Mx) che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti.

Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 27 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

7.3.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$\bullet \quad V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\},$$

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$\bullet \quad V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che}$$

può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$\bullet \quad V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo}$$

sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$\bullet \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\bullet \quad \rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

• A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

• b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\bullet \quad \sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

• N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

• A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 28 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

- $1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- S è il passo delle staffe;
- f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;
- $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;
- $\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

7.3.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare, si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

- $\sigma_c < 0.60f_{ck}$ per combinazione rara delle azioni;
- $\sigma_c < 0.45f_{ck}$ per combinazione quasi permanenti;
- $\sigma_s < 0.80f_{yk}$.

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo proposto della NTC 2018.

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
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	$\leq w_1$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	29 di 63

Nel nostro caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano aggressive e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

2.1.3 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: SOTTOVIA

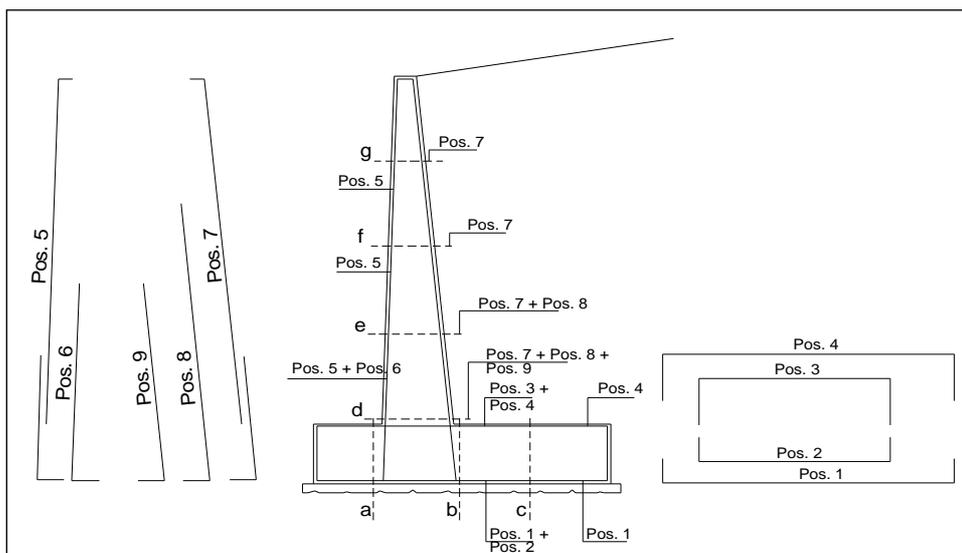
Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 30 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

7.4 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI MURO

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali, nelle sezioni indicate in figura, in forma tabellare esplicitate negli allegati 1, 2 e 3:

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.

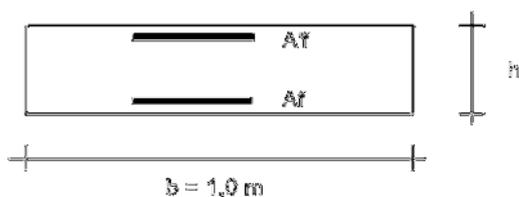
7.4.1 Muro Hcal=6.50 m

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	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	20
			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 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-7-8
f-f	pos 5-7
g-g	pos 5-7

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 31 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

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

SLU- A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	21.16	0.00	84.16	1.10	15.71	25.76	621.74	0.00	278.91
b - b	-731.05	0.00	-245.58	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
c - c	-291.08	0.00	186.87	1.10	15.71	15.71	621.75	0.00	278.91
d - d	457.93	221.64	186.87	1.05	31.42	10.05	1256.93	221.64	373.90
e - e	215.57	141.96	58.96	0.89	31.42	10.05	1010.52	141.96	332.61
f - f	77.13	78.46	20.86	0.73	15.71	10.05	415.15	78.46	332.61

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

SLU – combinazione SISMICA (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)	(kN)
a - a	24.69	0.00	80.73	1.10	15.71	25.76	621.74	0.00	278.91
b - b	-514.47	0.00	-129.84	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
c - c	-228.53	0.00	11.09	1.10	15.71	15.71	621.75	0.00	278.91
d - d	465.48	197.69	144.88	1.05	31.42	10.05	1246.41	197.69	373.90
e - e	199.17	123.96	4.30	0.89	31.42	10.05	1004.01	123.96	332.61
f - f	60.67	66.44	1.84	0.73	15.71	10.05	411.50	66.44	332.61

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

SLU (stato limite ultimo azione tagliente)

Verifica a taglio sez. b-b				Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio				Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato				- Verifica del conglomerato			
VRd = [0,18*k*(100*ρ ¹ *f _{ctk}) ^{1/3} γ _c +0,15*α _{cp}]*bw*d =		362.01 kN		VRd = [0,18*k*(100*ρ ¹ *f _{ctk}) ^{1/3} γ _c +0,15*α _{cp}]*bw*d =		373.90 kN	
VEd =		245.58 kN ok		VEd =		186.87 kN ok	
con:				con:			
K = 1+(200/d) ^{1/2} =		1.439 ≤ 2		K = 1+(200/d) ^{1/2} =		1.450 ≤ 2	
Rck =		40 N/mm ²		Rck =		30 N/mm ²	
V _{min} = 0,035*k ^{3/2} *f _{ck} ^{1/2} =		0.348 N/mm ²		V _{min} = 0,035*k ^{3/2} *f _{ck} ^{1/2} =		0.305 N/mm ²	
f _{cd} = 0,83*Rck =		33.2 N/mm ²		f _{cd} = 0,83*Rck =		24.9 N/mm ²	
f _{cd} = α _{cc} *f _{ck} /γ _c =		18.81 N/mm ²		f _{cd} = α _{cc} *f _{ck} /γ _c =		14.11 N/mm ²	
ρ ¹ = Asl/(bw*d) =		0.00248 ≤ 0,02		ρ ¹ = Asl/(bw*d) =		0.00318 ≤ 0,02	
copriferro =		62.00 mm		copriferro =		62.00 mm	
d =		1038.00 mm		d =		988 mm	
H =		1100.00 mm		H =		1050.00 mm	
bw =		1000 mm		bw =		1000 mm	
Asl =		2576 mm ²		Asl =		3142 mm ²	
		5 φ 16				5 φ 20	
		5 φ 20				5 φ 20	
N _{Ed} =		0.00 kN		N _{Ed} =		221.64 kN	
α _{cp} = N _{Ed} /Ac =		0.000 N/mm ² ≤ 0,2*f _{cd}		α _{cp} = N _{Ed} /Ac =		0.211 N/mm ² ≤ 0,2*f _{cd}	

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 32 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio: stato tensionale e fessurativo)

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	18.86	0.00	1.10	15.71	25.76	0.17	12.28	0.016	0.200
b - b	-305.16	0.00	1.10	25.76	15.71	2.37	123.08	0.121	0.200
c - c	-153.82	0.00	1.10	15.71	15.71	1.45	100.31	0.133	0.200
d - d	335.94	194.89	1.05	31.42	10.05	2.84	91.05	0.083	0.200
e - e	156.64	125.21	0.89	31.42	10.05	1.78	49.13	0.044	0.200
f - f	55.25	69.51	0.73	15.71	10.05	1.12	37.25	0.040	0.200

8. 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

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

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.

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.

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

8.1 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

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

dal sottoscritto utente del software.

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

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

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



2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 37 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO MURO h=6.50 m

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

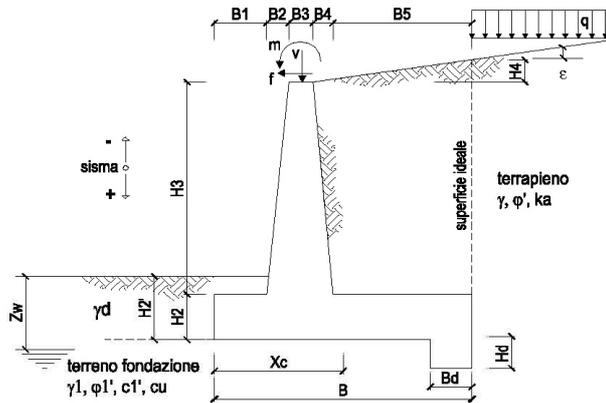
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di	Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	38 di	63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\lto 3-4\IOM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls



OPERA Hmuro = 6.50 m

DATI DI PROGETTO:

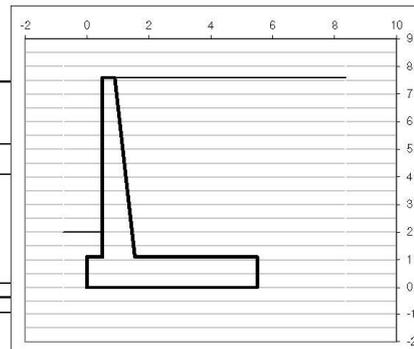
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	6.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.65	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	5.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.95	(m)
Altezza dante	H4 =	0.90	(m)
Larghezza dante	Bd =	0.00	(m)
Mezzanta sezione	Xc =	2.75	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	gammacls =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------	-------	----------------------



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	mensola corta dmur ▼	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m ³)		
Dati Terreno Fondazione	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon = 0.00$ (°)	<input type="checkbox"/> $\phi'_s = 33$ °	
	Angolo di attrito terreno-paramento (0.667* ϕ')	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup, id} = 23.35$ (°)	<input type="checkbox"/> $\beta m = 1.38$ (-) Coefficiente Categoria di Suolo	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate		
	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1' = 0.00$ (kPa)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ($\tan\phi'_{pi} = 0.85 \tan\phi'_p$)	$\phi_{pi}' = 28.91$ (°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 19.00$ (kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterrato della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$ (kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posata della Fondazione	$H_2' = 2.00$ (m)		
	Profondità Falda	$Z_w = 0.00$ (m)		
Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata $H = 2*B$)	$H_s = 11.00$ (m)			
Modulo di deformazione	$E = 50000$ (kN/m ²)			
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.220$ (-)	<input type="checkbox"/> stradale	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta m = 0.31$ (-)		
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $\beta m = Var$		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0.0941$ (-)	Valori di Normativa	
	coefficiente sismico verticale	$k_v = 0.0471$ (-)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_a = 0.24$ (-)		0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$k_{as+} = 0.30$ (-)		0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$k_{as-} = 0.31$ (-)		0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$k_p = 2.87$ (-)		2.872
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$k_{ps+} = 2.72$ (-)		2.715
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$k_{ps-} = 2.70$ (-)		2.699

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	20.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	H =	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 =	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	Is =	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)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM003	REL	02	A	39 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\lotto 3-4\IOM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ _n		
			permanenti stavocevoli	temporanee stavocevoli	tan φ'	c'	c _u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
SLU	⊙	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ ₁ '	=	28.91	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ ₁	=	19.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Finterro della Fondazione	γ _d	=	19.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	2.00	(m)	
	Profondità Fakla	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.872
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.72	(-)	2.715
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.70	(-)	2.699

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	=	0.00	(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

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)		
Pm1 = (B2*H3*γ _{cls})/2	=	0.00 (kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γ _{cls})	=	65.00 (kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γ _{cls})/2	=	52.81 (kN/m)
Pm4 = (B*H2*γ _{cls})	=	151.25 (kN/m)
Pm5 = (Bd*Hd*γ _{cls})	=	0.00 (kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	269.06 (kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)		
Pt1 = (B5*H3*γ')	=	513.50 (kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4+B5)*H4*γ')	=	0.00 (kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ')/2	=	42.25 (kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	555.75 (kN/m)

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)		
Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00 (kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	45.50 (kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	58.97 (kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	415.94 (kNm/m)
Mm5 = Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00 (kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	520.41 (kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro		
Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	1810.09 (kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00 (kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	56.33 (kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1866.42 (kNm/m)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	40 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMONTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A1+M1+R3)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 183,52 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 55,73 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 145,92 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 44,31 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 72,72 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 22,08 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot \gamma_1 \cdot kp^{0,5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 369,67 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 399,98 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 168,37 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 121,45 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot \gamma_1 \cdot kp^{0,5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0,00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso A1+M1+R3)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 919,62 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 190,23 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1 = 0,55 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 2,67 \text{ (-)} > 1,1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A1+M1+R3)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mk + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2908,26 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 538,05 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 5,41 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA DELLA FONDAZIONE (caso A1+M1+R3)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 919,62 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f - Sp = 190,23 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 2370,22 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 158,73 \text{ (kNm/m)}$$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMONTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'Nc'ic + q_0Nq'iq + 0,5\gamma_1B^*N\gamma'iy$$

c'	coesione terreno di fondaz.	=	0.00	(kPa)
ϕ'	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	33.00	(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d^2 H^2$	sovraccarico stabilizzante	=	36.00	(kN/m ²)
e = M / N	eccentricità	=	0.17	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	=	5.15	(m)

I valori di Nc, Nq e N γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$Nq = tg^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(c'tg(\phi))}$	(1 in cond. nd)	=	26.09	(-)
$Nc = (Nq - 1) / tg(\phi)$	(2+ π in cond. nd)	=	38.64	(-)
$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot tg(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	35.19	(-)

I valori di ic, iq e iy sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

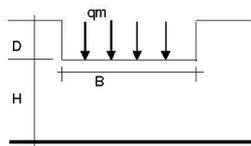
$iq = (1 - T / (N + B^*c'cot(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.63	(-)
$ic = iq - (1 - iq) / (Nq - 1)$		=	0.61	(-)
$iy = (1 - T / (N + B^*c'cot(\phi)))^{m+1}$		=	0.50	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

q_{lim}	(carico limite unitario)	=	1450.64	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	---	---------	----------------------

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 8.13 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

Profondità Piano di Posizione della Fondazione	D =	2.00	(m)
	D/B* =	0.39	(m)
	H/B* =	2.13	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 \cdot e) = N / B^* =$	178.40	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.943	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.69	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E =$	11.98	(mm)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 42 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

R_{ck} =	30	(MPa)
γ_c =	2.1	
$f_{cd} = R_{ck} / \gamma_{m,c}$ =	14.11	(MPa)

Copri ferro

c =	6.20	(cm)
-----	------	------

Acciaio

tipo di acciaio	B450C
f_{yk} =	450 (MPa)
γ_E =	1.00
γ_S =	1.15
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S / \gamma_E$ =	391.30 (MPa)
E_s =	210000 (MPa)
ϵ_{ys} =	0.19%
ϵ_{uk} =	7.500%
ϵ_{ud} =	6.750%

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

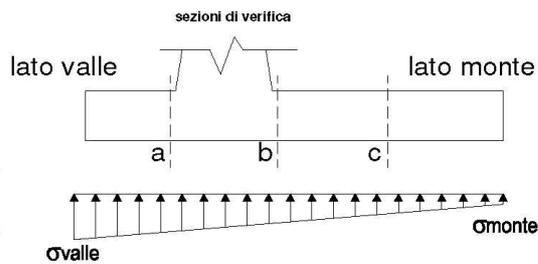
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 5.50 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 5.04 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	919.62	158.73	198.69	135.72

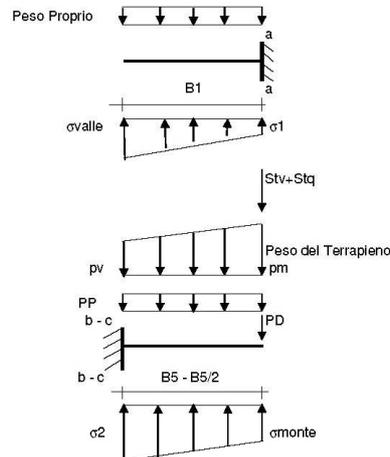


Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 27.50 \text{ (kN/m)}$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle}	σ_1	M_a	T_a
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	198.69	192.96	21.16	84.16



Mensola Lato Monte

$$\begin{aligned} \text{PP} &= 27.50 \text{ (kN/m}^2\text{)} & \text{peso proprio soletta fondazione} \\ \text{PD} &= 0.00 \text{ (kN/m)} & \text{peso proprio dente} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_m &= 169.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ p_{vb} &= 169.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ p_{vc} &= 169.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2) + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B^2 / 2) / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2) / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B^2 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	M_b	σ_{2c}	M_c	T_b
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	135.72	180.94	-731.05	158.33	-291.08	-245.58

2.1.3 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: SOTTOVIA

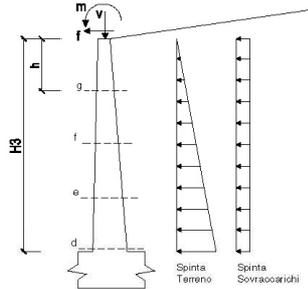
Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 43 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\lto 3-4\IOM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S	1.38
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β	=	0.31	(-)		
Coefficienti di Spinta	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var		Categoria di suolo	
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0941	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0471	(-)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287	
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.346	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.352	
componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)			
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)			

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a,orizz} \cdot \gamma^2 (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_{a,orizz} \cdot \gamma^2 (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a,orizz} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{est} = m \cdot F \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \Sigma P_m \cdot b \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma^2 (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert} \cdot q \cdot h$$

$$N_{est} = v$$

$$N_{pp-inerzia} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm kv)$$

condizione statica

sezione	h [m]	Tl [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{est} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	6.50	137.91	48.96	0.00	186.87
e-e	4.88	77.57	36.72	0.00	114.30
f-f	3.25	34.48	24.48	0.00	58.96
g-g	1.63	8.62	12.24	0.00	20.86

condizione statica

sezione	h [m]	M _t [kNm/m]	M _q [kNm/m]	M _{est} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _t [kN/m]	N _q [kN/m]	N _{est} [kN/m]	N _{pp} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	6.50	298.81	159.13	0.00	457.93	76.62	27.20	0.00	117.81	221.64
e-e	4.88	126.06	89.51	0.00	215.57	43.10	20.40	0.00	78.46	141.96
f-f	3.25	37.35	39.78	0.00	77.13	19.16	13.60	0.00	45.70	78.46
g-g	1.63	4.67	9.95	0.00	14.61	4.79	6.80	0.00	19.55	31.14

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

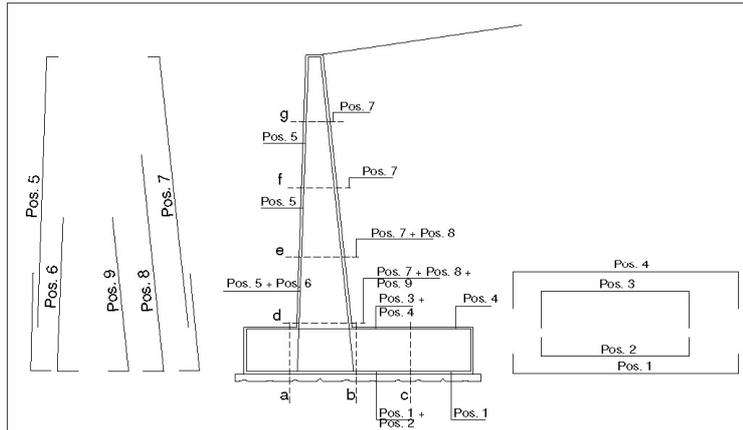
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 44 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

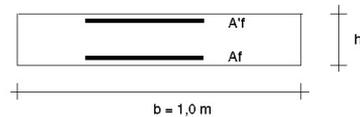
SCHEMA DELLE ARMATURE



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	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	20
			9	0.0	0

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-7-8
f-f	pos 5-7
g-g	pos 5-7

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	21.16	0.00	84.16	1.10	15.71	25.76	621.74	0.00	278.91
b - b	-731.05	0.00	-245.58	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
c - c	-291.08	0.00	186.87	1.10	15.71	15.71	621.75	0.00	278.91
d - d	457.93	221.64	186.87	1.05	31.42	10.05	1256.93	221.64	373.90
e - e	215.57	141.96	58.96	0.89	31.42	10.05	1010.52	141.96	332.61
f - f	77.13	78.46	20.86	0.73	15.71	10.05	415.15	78.46	332.61

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	45 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

		caso	coefficienti parziali				γ_s			
			azioni		proprietà del terreno			Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno o Valle
			permanenti	temporane e variabili	tan ϕ'	c'	c_u			
slavorevoli	slavorevoli	γ_s	γ_s	γ_s						
SLU	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input type="radio"/>	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input checked="" type="radio"/>	Sismica+M1+R3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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	α	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno paramonto	δ_{muro}	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id}$	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	28.91	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1'	=	19.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Piantone della Fondazione	γ_d	=	19.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	$H2'$	=	2.00	(m)		
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	$kas+$	=	0.30	(-)	0.299	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	$kas-$	=	0.31	(-)	0.305	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.872	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	$kps+$	=	2.72	(-)	2.715	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	$kps-$	=	2.70	(-)	2.699	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	ls	=	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

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	65.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	52.81	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	151.25	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	269.06	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	513.50	(kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	42.25	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	555.75	(kN/m)

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	45.50	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	58.97	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	415.94	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	520.41	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 - B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	1810.09	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 - B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 - B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	56.33	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1866.42	(kNm/m)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	46 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas^* = 180.96 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas^* = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 143.89 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 \cdot \cos \delta = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 71.71 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 \cdot \sin \delta = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^* + (2 \cdot c) \cdot kps^{*0.5} + \gamma_1 \cdot (1 + kv) \cdot kps^* \cdot H2 \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 364.51 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 394.39 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v \cdot B = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$MSP = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^* / 3 + (2 \cdot c) \cdot kps^{*0.5} \cdot \gamma_1 \cdot kps^* \cdot H2 \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 25.32 \text{ (kN/m)}$$

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 52.30 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptshv = Pt \cdot kv = 26.15 \text{ (kN/m)}$$

- Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh \cdot Pm \cdot (H2 + H3 / 3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm \cdot (H2 + H3 / 2) = 26.61 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm \cdot (H2 + H3 / 3) = 16.24 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm \cdot (H2 / 2) = 7.83 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm \cdot (Hd / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 50.68 \text{ (kNm/m)}$$

- Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) - (B - B5 / 2) \cdot 0.5) = 125.05 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4 / 3) - (B - B5 / 3) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2 / 3) - (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 17.88 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 142.93 \text{ (kNm/m)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = ms = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = fs \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = vs \cdot (B1 + B2 + B3 / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptshv = 922.67 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 221.51 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.55 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 2.30 \text{ (-)} > 1.1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 2781.23 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPs + MPts = 558.11 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.98 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	47 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)			
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	922.67	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	221.51	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
$MM = M_s - M_r$	=	2223.11	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
$M = X_c \cdot N - MM$	=	314.24	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$c1'$	coesione terreno di fondaz.	=	0,00	(kN/mq)
$\phi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	33,00	(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19,00	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma_d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	36,00	(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	=	0,34	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	4,82	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\tan \phi \cdot \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	26,09	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi)$	(2+ π in cond. nd)	=	38,64	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	35,19	(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

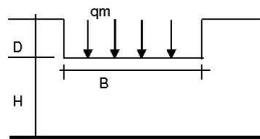
$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0,58	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0,56	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^{m+1}$		=	0,44	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	=	1249,34	(kN/m ²)
$F = q_{lim} \cdot B^* \cdot N$		=	6,52	(-)

> 1,4

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E$$

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D	2,00	(m)
	D/B*	0,42	(m)
	H/B*	2,28	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 \cdot e) = N / B^*$	191,47	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0,942	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0,72	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E$	12,54	(mm)

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$S_{st2} = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1 - kv) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^{2,5} \cdot k_{as}$	=	168,02	(kN/m)
$S_{sq2} = q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	=	0,00	(kN/m)

- Componente orizzontale condizione sismica -

$S_{st2h} = S_{st2} \cdot \cos \delta$	=	133,60	(kN/m)
--	---	--------	--------

Sismica+M1+R3

MURO H=6.50.xls

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	48 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\VA194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

$$Ssq2h = Ssq2 \cdot \cos \delta = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 66.58 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2v = Ssq2 \cdot \sin \delta = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - kv) \cdot Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - kv) \cdot kps \cdot H_2) \cdot Hd = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

$$MSst1 = Sst2h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd) / 3 - Hd) = 338.45 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 366.20 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd) / 2 - Hd) = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq2 = Ssq2v \cdot B = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSP = \frac{1}{2} \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H_2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 25.32 \quad (\text{kN/m})$$

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 52.30 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptshv = Pt \cdot kv = -26.15 \quad (\text{kN/m})$$

- Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)

$$MPs1 = kh \cdot Pm \cdot (H_2 + H_3 / 3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm \cdot (H_2 + H_3 / 2) = 26.61 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm \cdot (H_2 + H_3 / 3) = 16.24 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm \cdot (H_2 / 2) = 7.83 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm \cdot (Hd / 2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 50.68 \quad (\text{kNm/m})$$

- Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$MPts1 = kh \cdot Pt \cdot ((H_2 + H_3 / 2) + (B - B_5 / 2) \cdot 0.5) = 295.41 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts2 = kh \cdot Pt \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 / 3) + (B - B_5 / 3) \cdot 0.5) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts3 = kh \cdot Pt \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2 / 3) + (B_1 + B_2 + B_3 + 2 / 3 \cdot B_4) \cdot 0.5) = 25.33 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 320.74 \quad (\text{kNm/m})$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = ms = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext2 = fs \cdot (H_3 + H_2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Mfext3 = vs \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptshv = 865.24 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 211.23 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.55 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 2.26 \quad (-) > 1.1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 2753.03 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPts + Mpts = 709.87 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.88 \quad (-) > 1$$

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptshv = 865.24 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh - Sp = 211.23 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 2043.16 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$Sismica + M1 + R3 = 12$$

MURO H=6.50.xls

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

$$M = Xc \cdot N - MM = 336.25 \text{ (kNm/m)}$$

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot i_{\gamma}$$

$c1'$	coesione terreno di fondaz.	=	0.00	(kN/mq)
$\varphi1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	33.00	(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m³)
$q_0 = \gamma d' H2'$	sovraccarico stabilizzante	=	36.00	(kN/m²)
$e = M / N$	eccentricità	=	0.39	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	4.72	(m)

I valori di N_c , N_q e N_{γ} sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\text{tg} \varphi)}$	(1 in cond. nd)	=	26.09	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	=	38.64	(-)
$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	=	35.19	(-)

I valori di i_c , i_q e i_{γ} sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

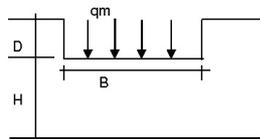
$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \text{cotg} \varphi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.57	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.55	(-)
$i_{\gamma} = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \text{cotg} \varphi))^{m+1}$		=	0.43	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 1218.47 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 6.65 \text{ (-)} > 1.4$$

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E$$

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	2.00	(m)
	D/B*	0.42	(m)
	H/B*	2.33	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 \cdot e) = N / B^*$	183.21	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.942	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.73	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E =$	11.90	(mm)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 50 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck =	30	(MPa)
γc =	2.1	
fcd = Rck / γm,c =	14.11	(MPa)

Copri ferro

c =	6.20	(cm)
-----	------	------

Acciaio

tipo di acciaio	B450C
fyk =	450 (MPa)
γE =	1.00
γS =	1.15
fyd = fyk / γS / γE =	391.30 (MPa)
Es =	210000 (MPa)
εys =	0.19%
εuk =	7.500%
εsd =	6.750%

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

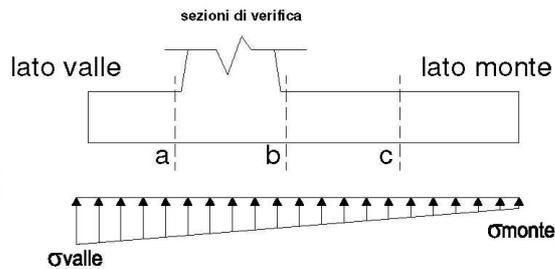
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 5.50 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 5.04 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σvalle [kN/m ²]	σmonte [kN/m ²]
sisma+	922.67	314.24	230.09	105.43
sisma-	865.24	336.25	224.01	90.62

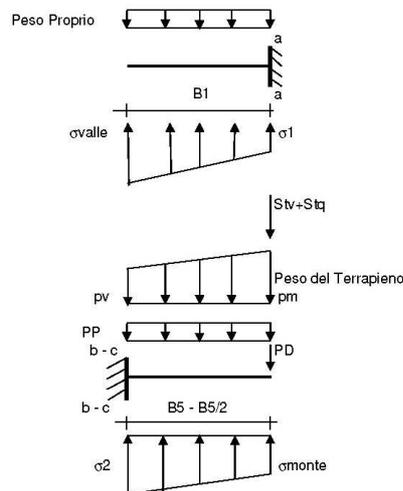


Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 27.50 \text{ (kN/m)}$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σvalle [kN/m ²]	σ1 [kN/m ²]	Ma [kNm]	Ta [kN]
sisma+	230.09	218.75	24.69	97.81
sisma-	224.01	211.89	24.22	94.86



Mensola Lato Monte

$$\text{PP} = 27.50 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$\text{PD} = 0.00 \text{ (kN/m)} \quad \text{peso proprio dente}$$

$$\text{pm} = 130.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{pvb} = 130.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{pvc} = 130.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$M_b = (\sigma_{monte} - (\text{pvb} + \text{PP})) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 - (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (\text{pm} - \text{pvb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(\text{Stv} + \text{Sqv}) \cdot B^2 - \text{PD} \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - B \cdot d / 2) - \text{PD} \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (\text{pvc} + \text{PP})) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2)^2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B^2 / 2)^2 / 6 - (\text{pm} - \text{pvc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2)^2 / 3 +$$

$$-(\text{Stv} + \text{Sqv}) \cdot (B^2 / 2) - \text{PD} \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - B \cdot d / 2) - \text{PD} \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

caso	σmonte [kN/m ²]	σ2b [kN/m ²]	Mb [kNm]	σ2c [kN/m ²]	Mc [kNm]	Tb [kN]
sisma+	105.43	194.96	-514.47	150.19	-228.53	-129.84
sisma-	90.62	186.42	-477.80	138.52	-216.34	-112.27

2.1.3 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: SOTTOVIA

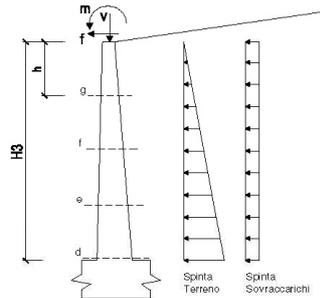
Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 51 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\VA194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\CM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S 1.38
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	B	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0941	(-)	Categoria di suolo
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0471	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)	0.346
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.352
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.31	
componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \Sigma P_m \cdot b \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm kv)$$

sezione	h [m]	condizione sismica +				
		Tt	Tq	T _{ext}	T _{inerzia}	T _{tot}
d-d	6.50	133.79	0.00	0.00	11.09	144.88
e-e	4.88	75.26	0.00	0.00	7.38	82.64
f-f	3.25	33.45	0.00	0.00	4.30	37.75
g-g	1.63	8.36	0.00	0.00	1.84	10.20

sezione	h [m]	condizione sismica +									
		Mt	Mq	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
d-d	6.50	434.82	0.00	0.00	30.65	465.48	74.33	0.00	0.00	123.36	197.69
e-e	4.88	183.44	0.00	0.00	15.73	199.17	41.81	0.00	0.00	82.15	123.96
f-f	3.25	54.35	0.00	0.00	6.32	60.67	18.58	0.00	0.00	47.85	66.44
g-g	1.63	6.79	0.00	0.00	1.41	8.21	4.65	0.00	0.00	20.47	25.12

sezione	h [m]	condizione sismica -									
		Mt	Mq	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
d-d	6.50	403.17	0.00	0.00	30.65	433.82	68.92	0.00	0.00	112.27	181.19
e-e	4.88	170.09	0.00	0.00	15.73	185.81	38.77	0.00	0.00	74.77	113.53
f-f	3.25	50.40	0.00	0.00	6.32	56.71	17.23	0.00	0.00	43.55	60.78
g-g	1.63	6.30	0.00	0.00	1.41	7.71	4.31	0.00	0.00	18.63	22.94

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

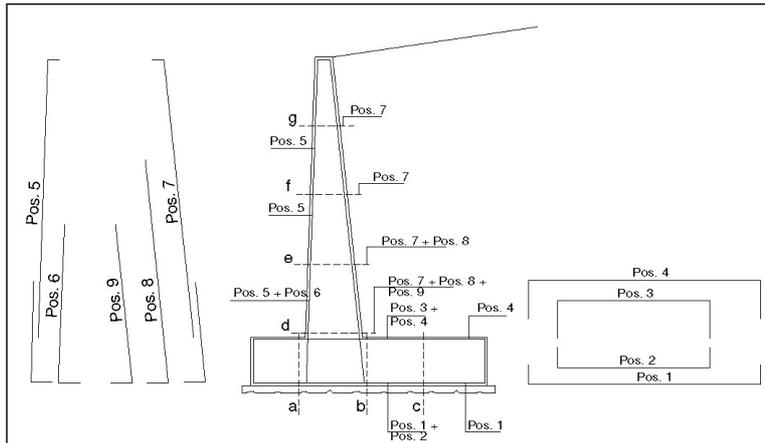
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 52 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\CM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

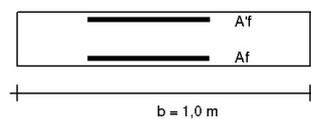
SCHEMA DELLE ARMATURE



ARMATURE

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

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-7-8
f-f	pos 5-7
g-g	pos 5-7

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	24.69	0.00	80.73	1.10	15.71	25.76	621.74	0.00	278.91
b - b	-514.47	0.00	-129.84	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
c - c	-228.53	0.00	11.09	1.10	15.71	15.71	621.75	0.00	278.91
d - d	465.48	197.69	144.88	1.05	31.42	10.05	1246.41	197.69	373.90
e - e	199.17	123.96	4.30	0.89	31.42	10.05	1004.01	123.96	332.61
f - f	60.67	66.44	1.84	0.73	15.71	10.05	411.50	66.44	332.61

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 53 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\CM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

		coefficienti parziali								
		azioni			proprietà del terreno			γ_s		
		permanenti	temporaneee variabili	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorriment o	Res. Terren o Valle	
		stavoevoli	stavoevoli				γ_s	γ_s	γ_s	
SLU	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	<input checked="" type="radio"/>	EQU+M2+R2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	22.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ϵ	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno paramonto	δ_{muro}	=	19.51	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id}$	=	19.51	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	23.84	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	19.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Pintero della Fondazione	γ_d	=	19.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	2.00	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.368
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.375
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.357
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.198

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	=	0.00	(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

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 = $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	65.00	(kN/m)
Pm3 = $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	52.81	(kN/m)
Pm4 = $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	151.25	(kN/m)
Pm5 = $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	269.06	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 = $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	513.50	(kN/m)
Pt2 = $(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	42.25	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	555.75	(kN/m)

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

Mm1 = $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	45.50	(kNm/m)
Mm3 = $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	58.97	(kNm/m)
Mm4 = $Pm4 \cdot (B/2)$	=	415.94	(kNm/m)
Mm5 = $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	520.41	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	1810.09	(kNm/m)
Mt2 = $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	56.33	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1866.42	(kNm/m)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 54 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CONDIZIONE STATICA (SLU) (EQU+M2+R2)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 194.43 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 69.77 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 158.71 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 56.95 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 64.95 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 23.31 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 402.07 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 357.21 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 216.43 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 128.19 \text{ (kN/m)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU+M2+R2)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2633.54 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 618.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.26 \text{ (-) } > 1$$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 55 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\CM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_s		
			permanenti	temporane e variabili	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
		sfavorevoli	sfavorevoli	γ_s				γ_s	γ_s	γ_s
SLU	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input type="radio"/>	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	<input checked="" type="radio"/>	SLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati	Descrizione	Valore	Unità	Fonte
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 paramonto	δ_{muro}	= 23.35	(°)
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id}$	= 23.35	(°)
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	= 0.00	(kN/m ²)
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	= 28.91	(°)
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	= 19.00	(kN/m ³)
	Peso Unità di Volume del Pintero della Fondazione	γ_d	= 19.00	(kN/m ³)
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	$H2'$	= 2.00	(m)
Profondità Falda	Zw	= 0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	= 0.24	(-)
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	$kas+$	= 0.30	(-)
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	$kas-$	= 0.31	(-)
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	= 2.87	(-)
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	$kps+$	= 2.72	(-)
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	$kps-$	= 2.70	(-)

Valori di Normativa

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni	Descrizione	Valore	Unità
Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	= 20.00 (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)
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	= 0.00 (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

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	65.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	52.81	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	151.25	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	269.06	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	513.50	(kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	42.25	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	555.75	(kN/m)

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	45.50	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	58.97	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	415.94	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	520.41	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	1810.09	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	56.33	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1866.42	(kNm/m)

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

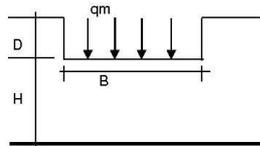
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 56 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot qm \cdot B^* / E$$

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	2.00	(m)
	D/B* =	0.39	(m)
	H/B* =	2.13	(m)
Carico unitario medio (qm)	qm = N / (B - 2*e) = N / B*	173.00	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.943	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.69	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot qm \cdot B^* / E =$	11.64	(mm)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 57 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\VA194_Quadriatero-Astak\PEDEMANTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3	=	6.50	(m)
Aggetto Valle	B2	=	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3	=	0.40	(m)
Aggetto monte	B4	=	0.65	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B	=	5.50	(m)
Spessore Fondazione	H2	=	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1	=	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5	=	3.95	(m)
Altezza dente	Hd	=	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd	=	0.00	(m)
Mezzena Sezione	Xc	=	2.75	(m)

Dati Geotecnici (usati per verifiche allo SLD)

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	ψ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
Angolo di Inclinazione Piano di Carruggia	ϵ	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	23.35	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{\text{sup id}}$	=	23.35	(°)	
Verifica in condizioni drenate? (si/no)			si		
Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kPa)	
Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	28.91	(°)	
Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	19.00	(kN/m ³)	
Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	19.00	(kN/m ³)	
Profondità Piano di Posi della Fondazione	H2	=	2.00	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	
Categoria di suolo	S	=	1.38	(-)	
Il muro è libero di ruotare al piede? (si/no) 5.5			si		
Il muro ammette spostamenti? (si/no)			si	r = 2	
coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.1518	(-)	
coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0759	(-)	
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas*	=	0.30	(-)	0.299
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas*	=	0.31	(-)	0.305
Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.872
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps*	=	2.72	(-)	2.715
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps*	=	2.70	(-)	2.699

Valori di Normativa

Carichi Agenti (usati per verifiche allo SLD)

Condizioni Statiche				
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(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	(kN/m)
Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(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	(kN/m)
Peso Unità di Volume del Calcestruzzo	γ_{cs}	=	25.00	(kN/m ³)

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2^2 \cdot I3^2 \cdot \gamma_{cs})/2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3^2 \cdot H3^2 \cdot \gamma_{cs})$	=	65.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4^2 \cdot H3^2 \cdot \gamma_{cs})/2$	=	52.81	(kN/m)
$Pm4 = (B^4 \cdot H2^2 \cdot \gamma_{cs})$	=	151.25	(kN/m)
$Pm5 = (Bd^2 \cdot Hd^2 \cdot \gamma_{cs})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	269.06	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5^2 \cdot H3^2 \cdot \gamma)$	=	513.50	(kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5)^2 \cdot H4^2 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4^2 \cdot H3^2 \cdot \gamma)/2$	=	42.25	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	555.75	(kN/m)

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM003	REL	02	A	58 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astak\PEDEMONTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	45.50	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	58.97	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	415.94	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	520.41	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	1810.09	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	56.33	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1866.42	(kNm/m)

CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 141.17 \text{ (kNm)}$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 37.15 \text{ (kNm)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 112.25 \text{ (kNm)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 29.54 \text{ (kNm)}$$

componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 55.94 \text{ (kNm)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 14.72 \text{ (kNm)}$$

Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MS1 = St_h \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 + Hd = 284.36 \text{ (kNm)}$$

$$MS2 = St_v \cdot B = 307.68 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 + Hd = 112.25 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 80.97 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kNm)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mext)

$$Mext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mext2 = l \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + St_v + Sq_v = 895.48 \text{ (kNm)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS2 + MSq2 + Mext3 = 2775.48 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS1 + MSq1 + Mext1 + Mext2 + MSp = 396.61 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 2378.86 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 83.69 \text{ (kNm/m)}$$

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0.5 \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas^+ = 185.94 \text{ (kNm)}$$

$$Ssq1 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas^+ = 0.00 \text{ (kNm)}$$

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1_h = Sst1 \cdot \cos \delta = 170.72 \text{ (kNm)}$$

$$Ssq1_h = Ssq1 \cdot \cos \delta = 0.00 \text{ (kNm)}$$

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1_v = Sst1 \cdot \sin \delta = 73.68 \text{ (kNm)}$$

$$Ssq1_v = Ssq1 \cdot \sin \delta = 0.00 \text{ (kNm)}$$

Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 + kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot (1 + kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica +

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0003	REL	02	A	59 di 63

C:\archivio\Arch-Lavoro\VA194_Quadriatero-Astak\PEDEMONTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

MSt1 =	$Sst1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 \cdot Hd)$	=	432.49	(kNm)
MSt2 =	$Sst1v \cdot B$	=	405.26	(kNm)
MSsq1 =	$Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 \cdot Hd)$	=	0.00	(kNm)
MSsq2 =	$Ssq1v \cdot B$	=	0.00	(kNm)
MSP =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$	=	0.00	(kNm)

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)				
Ps =	$Pm \cdot kh$	=	40.84	(kNm)

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)				
Psh =	$Pt \cdot kh$	=	52.30	(kNm)
Psv =	$Pt \cdot kv$	=	26.15	(kNm)

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)				
MPs1 =	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	=	0.00	(kNm/m)
MPs2 =	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	=	26.61	(kNm/m)
MPs3 =	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	=	16.24	(kNm/m)
MPs4 =	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	=	7.83	(kNm/m)
MPs5 =	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
MPs =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	=	50.68	(kNm/m)

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)				
MPts1 =	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2) \cdot (B - B5/2) \cdot 0.5$	=	125.05	(kNm/m)
MPts2 =	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3) \cdot (B - B5/3) \cdot 0.5$	=	0.00	(kNm/m)
MPts3 =	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3/2/3) \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5$	=	17.88	(kNm/m)
MPts =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	=	142.93	(kNm/m)

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mext)				
Mext1 =	ms	=	0.00	(kNm/m)
Mext2 =	$Is \cdot (H3 + H2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mext3 =	$vs \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	=	0.00	(kNm/m)

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)				
N =	$Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv$	=	924.65	(kNm)
Momento stabilizzante (Ms)				
Ms =	$Mm + Mt + MSt2 + MSsq2 + Mext3$	=	2792.09	(kNm/m)
Momento ribaltante (Mr)				
Mr =	$MSt1 + MSsq1 + Mext1 + Mext2 + MSP + MPts + Mts$	=	626.10	(kNm/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$Ms - Mr$	=	2165.99	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$Xc \cdot N - MM$	=	376.79	(kNm/m)

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione sismica -				
Sst2 =	$0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas$	=	162.94	(kNm)
Ssq2 =	$qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas$	=	0.00	(kNm)
componente orizzontale condizione sismica -				
Sst2h =	$Sst2 \cdot \cos \delta$	=	149.60	(kNm)
Ssq2h =	$Ssq2 \cdot \cos \delta$	=	0.00	(kNm)
componente verticale condizione sismica -				
Sst2v =	$Sst2 \cdot \sin \delta$	=	64.57	(kNm)
Ssq2v =	$Ssq2 \cdot \sin \delta$	=	0.00	(kNm)
Spinta passiva sul dente				
Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - kv) \cdot Hd^3 \cdot kps + (2 \cdot c1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd$	=	0.00	(kNm)

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica -				
MSt1 =	$Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 \cdot Hd)$	=	378.98	(kNm)
MSt2 =	$Sst2v \cdot B$	=	355.12	(kNm)
MSsq1 =	$Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 \cdot Hd)$	=	0.00	(kNm)
MSsq2 =	$Ssq2v \cdot B$	=	0.00	(kNm)
MSP =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$	=	0.00	(kNm)

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)				
Ps =	$Pm \cdot kh$	=	25.32	(kNm)

Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)				
Psh =	$Pt \cdot kh$	=	52.30	(kNm)
Psv =	$Pt \cdot kv$	=	-26.15	

Incremento di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs)				
MPs1 =	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	=	0.00	(kNm/m)
MPs2 =	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	=	26.61	(kNm/m)

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 60 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadilatero-Astak\PEDEMANTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

$$\begin{aligned} MP_s3 &= kh^3 P_m3^3 (H_2 + H_3/3) &= & 16.24 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s4 &= kh^3 P_m4^4 (H_2/2) &= & 7.83 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s5 &= -kh^3 P_m5^5 (H_d/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s &= MP_s1 + MP_s2 + MP_s3 + MP_s4 + MP_s5 &= & 50.68 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

Incremento di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts)

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh^3 P1^1 (H_2 + H_3/2) + (B - B_5/2)^2 \cdot 0.5 &= & 295.41 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh^3 P1^2 (H_2 + H_3 + H_4/3) + (B - B_5/3)^2 \cdot 0.5 &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh^3 P1^3 (H_2 + H_3^2/3) + (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4)^2 \cdot 0.5 &= & 25.33 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 320.74 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$\begin{aligned} Mfext1 &= ms &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext2 &= Is^2 (H_3 + H_2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext3 &= vs^2 (B_1 + B_2 + B_3/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 863.23 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 2741.95 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MP_s + MPts = 750.40 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1991.55 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 382.33 \text{ (kNm/m)}$$

2.1.3 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: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 61 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\VA194_Quadriatero-Astakdi\PEDEMONTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CALCOLI STATICI

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

$f_{ck} = 30$ (MPa) tipo di acciaio B450C

$f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 \cdot f_{ck})^{2/3} = 2.56$ (MPa) $f_{yk} = 450$ (MPa)

coefficiente omogeneizzazione acciai $n = 15$ $E_s = 210000$ (MPa)

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

$c = 6.20$ (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

$c_{min} = 4.00$ (cm)

Valore limite di apertura delle fessure

$w_1 = 0.2$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

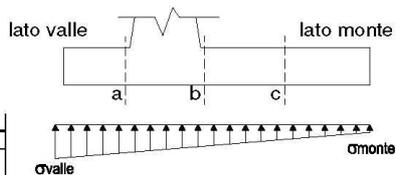
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$A = b \cdot h = 5.50$ (m²)

$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 5.04$ (m³)

caso	N		M		σ_{valle}		σ_{monte}	
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	895.48	83.69	179.41	146.21	146.21	146.21	146.21	146.21
sisma+	924.65	376.79	242.85	93.38	93.38	93.38	93.38	93.38
sisma-	863.23	382.33	232.78	81.12	81.12	81.12	81.12	81.12

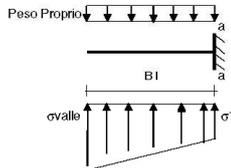


Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 27.50 (kN/m) peso proprio soletta fondazione

$$M_a = \sigma_1 \cdot B_1^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B_1^2 / 3 - PP \cdot B_1^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle}		σ_1		M_a	
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kNm]
statico	179.41	176.40	176.40	18.86	18.86	18.86
sisma+	242.85	229.26	229.26	26.09	26.09	26.09
sisma-	232.78	219.00	219.00	25.35	25.35	25.35



Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 27.50 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 130.00 (kN/m²)

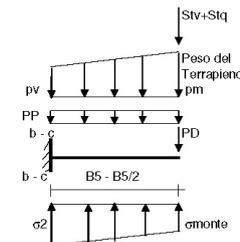
pvb = 130.00 (kN/m²)

pvc = 130.00 (kN/m²)

$$M_b = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B_5^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B_5^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B_5^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B_5 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - B_d / 2) - PD \cdot h \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - B_d / 2) - PD \cdot h \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

caso	σ_{monte}		σ_2b		M_b		σ_2c		M_c	
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
statico	146.21	170.06	170.06	-305.16	158.14	-153.82	-153.82	-153.82	-153.82	
sisma+	93.38	200.73	200.73	-509.92	147.06	-250.13	-250.13	-250.13	-250.13	
sisma-	81.12	190.04	190.04	-509.85	135.58	-226.63	-226.63	-226.63	-226.63	



2.1.3 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: SOTTOVIA

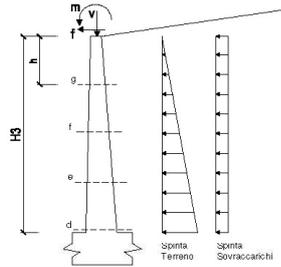
Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 62 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\VA194_Quadriatero-Astak\PEDEMANTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	=	1.38
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	R	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	bm = var.					
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0941	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0471	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287		
	componente orizzontale	kah	=	0.25	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)			
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.346		
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)			
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.352			
componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a,orizz.} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot v/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_{a,orizz.} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot v/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a,orizz.} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{tot} = M_t + h$$

$$M_{periz.} = \Sigma P_m \cdot h \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,vert.} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a,vert.} \cdot q \cdot h$$

$$N_{tot} = v$$

$$N_{pp,inezia} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm kv)$$

sezione	h [m]	condizione statica								
		Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
d-d	6.50	229.85	106.09	0.00	335.94	58.94	18.13	0.00	117.81	194.89
e-e	4.88	96.97	59.67	0.00	156.64	33.15	13.60	0.00	78.46	125.21
f-f	3.25	28.73	26.52	0.00	55.25	14.73	9.07	0.00	45.70	69.51
g-g	1.63	3.59	6.63	0.00	10.22	3.68	4.53	0.00	19.55	27.77

sezione	h [m]	condizione sismica +									
		Mt	Mq	M _{ext}	M _{periz.}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp,inezia}	N _{tot}
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
d-d	6.50	434.82	0.00	0.00	30.65	465.48	74.33	0.00	0.00	123.36	197.69
e-e	4.88	183.44	0.00	0.00	15.73	199.17	41.81	0.00	0.00	82.15	123.96
f-f	3.25	54.35	0.00	0.00	6.32	60.67	18.58	0.00	0.00	47.85	66.44
g-g	1.63	6.79	0.00	0.00	1.41	8.21	4.65	0.00	0.00	20.47	25.12

sezione	h [m]	condizione sismica -									
		Mt	Mq	M _{ext}	M _{periz.}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp,inezia}	N _{tot}
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
d-d	6.50	403.17	0.00	0.00	30.65	433.82	68.92	0.00	0.00	112.27	181.19
e-e	4.88	170.09	0.00	0.00	15.73	185.81	38.77	0.00	0.00	74.77	113.53
f-f	3.25	50.40	0.00	0.00	6.32	56.71	17.23	0.00	0.00	43.55	60.78
g-g	1.63	6.30	0.00	0.00	1.41	7.71	4.31	0.00	0.00	18.63	22.94

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

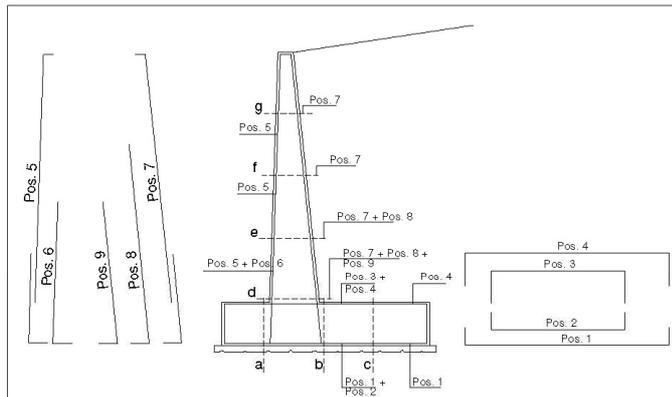
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Sottovia S.C. Mecciano al km 5+804 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0003	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 63
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194_Quadriatero-Astak\IPEDEMONTANA\Letto 3-4\OM03_Mecciano\MURO H=6.50.xls

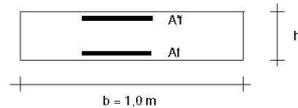
SCHEMA DELLE ARMATURE



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	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	20
			9	0.0	0

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-7-8
f-f	pos 5-7
g-g	pos 5-7

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	Af'	σc	σf	wk	wperm
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	18.86	0.00	1.10	15.71	25.76	0.17	12.28	0.016	0.200
b - b	-305.16	0.00	1.10	25.76	15.71	2.37	123.08	0.121	0.200
c - c	-153.82	0.00	1.10	15.71	15.71	1.45	100.31	0.133	0.200
d - d	335.94	194.89	1.05	31.42	10.05	2.84	91.05	0.083	0.200
e - e	156.64	125.21	0.89	31.42	10.05	1.78	49.13	0.044	0.200
f - f	55.25	69.51	0.73	15.71	10.05	1.12	37.25	0.040	0.200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

N.B. La condizione statica si assume come azione di lunga durata o ripetuta ($\beta_2=0.5$).