

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

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

PERIZIA DI VARIANTE

CONTRAENTE GENERALE:  <p>DIRPA 2 s.c.a.r.l.</p>	Il Responsabile del Contraente Generale:
---	--

PROGETTAZIONE: <p style="font-size: 1.2em;">Partecipazioni Italia S.p.A.</p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</p> <p>IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032</p>	ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:  <p>TECNOSTRUTTURE S.r.l. SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 - 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Querciole n. 13 - 00037 Segni (RM)</p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio Tosiani</p>
---	---

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Iginio Farotti	
---	--

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE D'ARTE MINORI MURO IN C.A. SU NV 0+690 <i>Relazione di calcolo</i>	SCALA: - DATA: 28.07.2022
---	---

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (assegnato CIPE 20.04.2015)

CODICE ELABORATO:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	n° progr	Rev.
	L O 7 0 3	2 1 3	E	1 6	M U 0 1 2 0	R E L	0 1	B

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
A	Sett. 2021	Emissione	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani S. Lieto
B	28.07.2022	Riscontro istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani S. Lieto

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 1 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

I N D I C E

1. PREMESSA	3
1.1 UNITÀ DI MISURA	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
4.1 CALCESTRUZZO C32/40 PER FONDAZIONI	7
4.2 CALCESTRUZZO C25/30 PER ELEVAZIONI	8
4.3 ACCIAIO PER ARMATURE	10
4.4 COPRIFERRI	11
5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	12
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	14
7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI	16
7.1 VERIFICA SLE	16
7.1.1 Verifiche delle tensioni	16
7.1.2 Verifiche a fessurazione	17
7.2 VERIFICHE ALLO SLU	18
7.2.1 Pressoflessione	18
7.2.2 Taglio	18
8. MURI DI SOSTEGNO	20
9. VERIFICA AGLI STATI LIMITI	23
9.1 STATO LIMITE ULTIMO E DI SALVAGUARDIA DELLA VITA	25
9.2 STATI LIMITE DI ESERCIZIO	26
10. VERIFICHE	28
10.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO	28
10.2 VERIFICA A SCORRIMENTO	28
10.3 VERIFICA A CARICO LIMITE	28
10.4 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	29
10.4.1 Verifiche per gli stati limite ultimi	29
10.4.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio	30
10.4.3 Verifica agli stati limite d'esercizio	31
10.4.4 Metodo di analisi - calcolo muro	33
10.4.4.1 Descrizione modello di calcolo	33
10.5 ANALISI DEI CARICHI	34
10.5.1 Pesi propri	34
10.5.2 Spinta del terreno	34
10.5.3 Spinta passiva e peso del terreno sulla ciabatta di fondazione di valle	34
10.5.4 Azione dovuto all'urto del veicolo in svio	34
10.5.5 Valutazione dell'azione sismica	34
11. ANALISI DEI MURI	37
11.1 SCHEMA DI CALCOLO	37
11.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE	38



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	2 di 111

11.2.1	Sezione H1 = 5.60 m	38
11.2.2	Sezione H2 = 4.45 m	38
11.3	RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI	39
11.3.1	Sezione H= 5.60 m	40
11.3.2	Sezione H= 4.45 m	46
ALLEGATO 1	51
	TABULATI DI CALCOLO DEL MURO	51
1.1	TABULATI MURO SEZIONE H= 5.60 M	52
1.2	TABULATI MURO SEZIONE H= 4.45 M	82

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 3 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

1. PREMESSA

Nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice Perugia – Ancona “Pedemontana delle Marche”: Sub Lotto 2.1.2 2° e 3° lotto, è prevista la deviazione di una strada poderale che interseca la pedemontana al km 0+680, in corrispondenza di tale intersezione viene realizzato un muro di sostegno ad altezza variabile da 1.00 m a 5.60 m in sx a sostegno del rilevato della pedemontana.

Tale muro è stato suddiviso in tre conci due rispettivamente da 9m (Muro A: concio Y) e 6m (Muro A: concio X) e uno da 10m (Muro B), pertanto di seguito si riporta il calcolo e verifica dei muri in oggetto.

Per il calcolo si sono assunte due altezze di calcolo così calcolate:

$$H1 = H_{max} = 5.65 \text{ m (Muro A: Concio X)}$$

$$H2 = (4.45 - 1.00) \cdot 2/3 + 1.00 \cong 3.30 \text{ m (Muro A: Concio Y)}$$

La falda è assunta al sotto della quota del piano di fondazione.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle opere cui si riferiscono i calcoli sviluppati, si riportano tutti i criteri generali adottati per le analisi e verifiche strutturali, ed a seguire, tutti i risultati ottenuti nei vari casi.

1.1 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

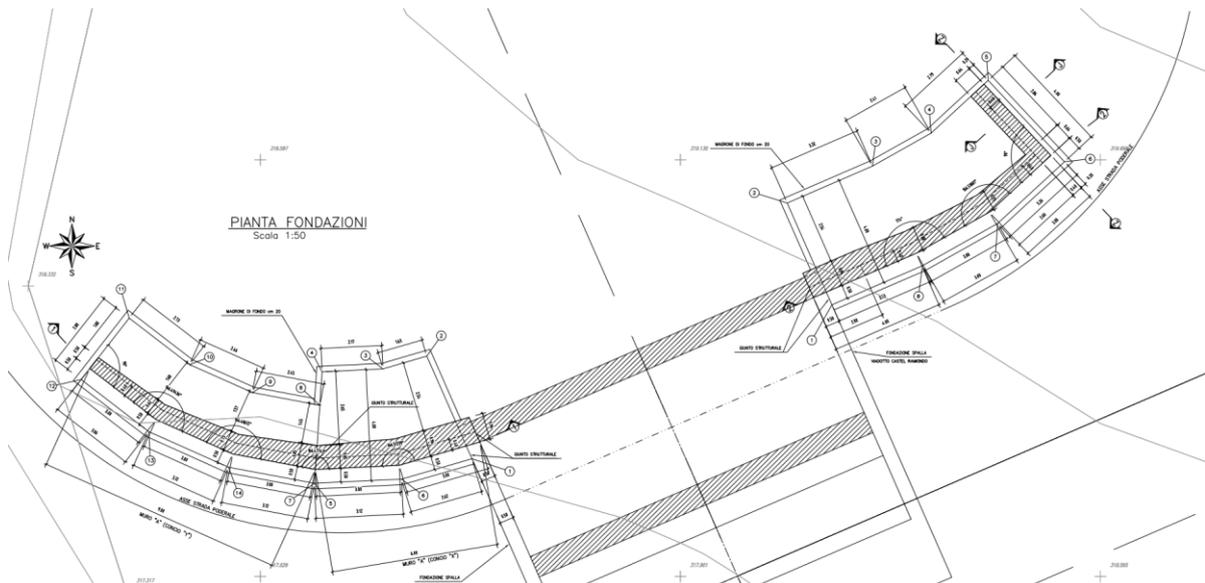
MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	4 di 111

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

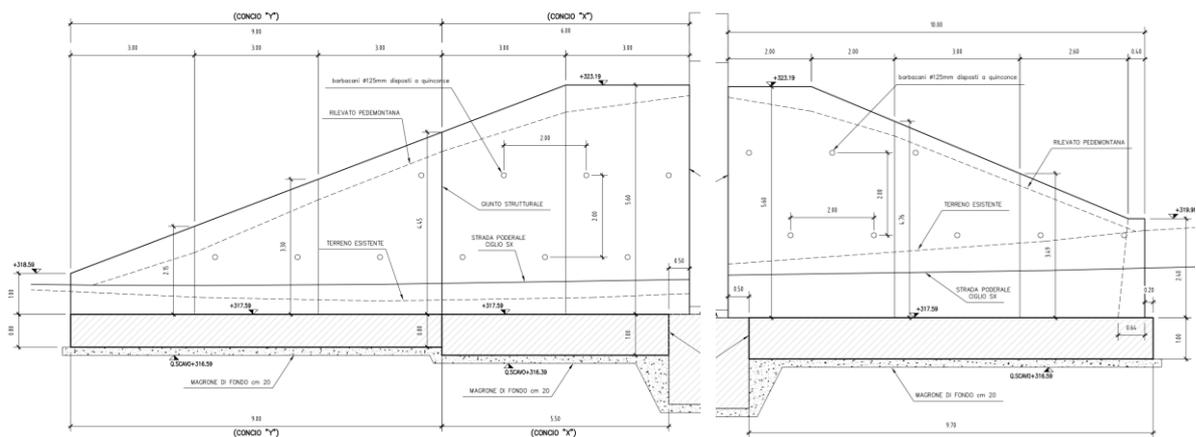
Come detto in precedenza il muro di sostegno viene realizzato sulla strada poderale che interseca la Pedemontana, nel seguito sono riportate la disposizione in pianta e le principali caratteristiche geometriche:



Pianta fondazione

MURO "A"
PROFILO "1-1"
Scala 1:50

MURO "B"
PROFILO "2-2"
Scala 1:50



Sezione longitudinale

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

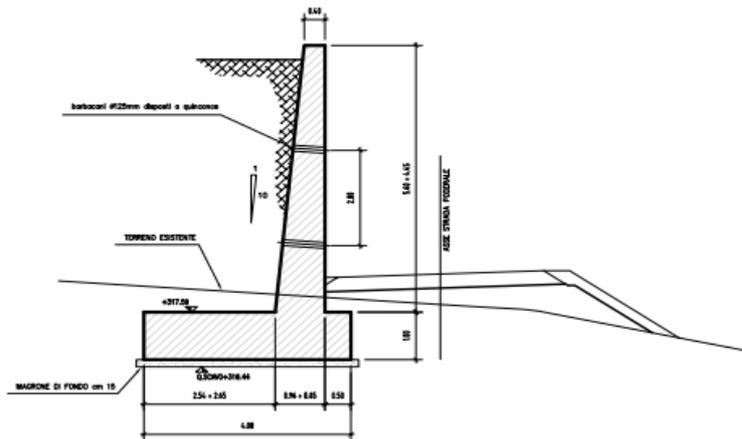
Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	5 di 111

SEZIONE TIPO MURO "A"

(CONCIO "X")

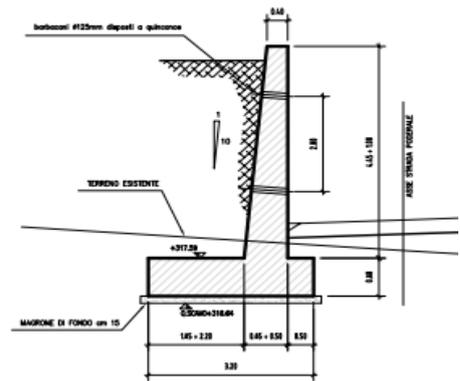
Scala 1:50



SEZIONE TIPO MURO "A"

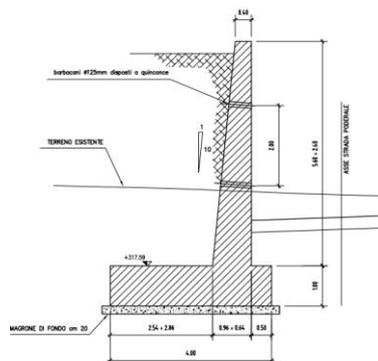
(CONCIO "Y")

Scala 1:50



SEZIONE TIPO MURO "B"

Scala 1:50



Sezioni trasversali

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici specifici.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 6 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

3. 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.)

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

4.1 CALCESTRUZZO C32/40 PER FONDAZIONI

Per tutte le strutture a diretto contatto col terreno (Plinto di Fondazione), è previsto l'impiego di calcestruzzo di classe C32/40, di cui nel seguito si riportano le relative caratteristiche meccaniche valutate in accordo a quanto prescritto ai par. 4.1.2.1 e 11.2.10 del DM 14.01.08:

Classe di Resistenza

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg: - -

$R_{ck} =$ MPa

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$f_{ck} =$ MPa (0,83 \cdot R_{ck})

Resistenza a compressione cilindrica media:

$f_{cm} =$ MPa ($f_{ck} + 8$)

Resistenza a trazione assiale:

$f_{ctm} =$ MPa Valore medio

$f_{ctk,0,05} =$ MPa Valore caratteristico frattile 5%

Resistenza a trazione per flessione:

$f_{ctm} =$ MPa Valore medio

$f_{ctk,0,05} =$ MPa Valore caratteristico frattile 5%

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$\gamma_c =$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$f_{cd} =$ MPa (0,85 \cdot f_{ck} / γ_s)

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$f_{ctd} =$ MPa ($f_{ctk,0,05} / \gamma_s$)

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$f_{ctd} =$ MPa 1,2 \cdot f_{ctd}

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valore va ridotto del 20%

Modulo di elasticità secante:

$E_{cm} =$ MPa

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 8 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Modulo di Poisson:

$\nu =$

□

Coefficiente di dilatazione lineare

$\alpha =$ °C⁻¹

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$\eta =$ 1.00

$f_{bd} =$ MPa (2,25*f_{ctk}*η/γ_s)

Nel caso di armature molto addensate, o ancoraggi in zona tesa tale valore va diviso per 1,5

Tensioni massime per la verifica agli SLE

$\sigma_{\max QP} =$ (0,45 f_{ck}) = MPa (Combinazione di Carico Quasi Permanente)

$\sigma_{\max R} =$ (0,60 f_{ck}) = MPa (Combinazione di Carico Caratteristica - Rara)

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

4.2 CALCESTRUZZO C25/30 PER ELEVAZIONI

Per tutte le parti strutturali dei muri in progetto in elevazione (Paramento) è previsto l'impiego di calcestruzzo di classe C25/30, di cui nel seguito si riportan le relative caratteristiche meccaniche valutate in accordo a quanto prescritto ai par. 4.1.2.1 e 11.2.10 del DM 14.01.08:

Classe di Resistenza

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$R_{ck} =$ MPa

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$f_{ck} =$ MPa (0,83*R_{ck})

Resistenza a compressione cilindrica media:

$f_{cm} =$ 32,9 MPa (f_{ck}+8)

Resistenza a trazione assiale:

$f_{ctm} =$ MPa Valore medio

$f_{ctk,0,05} =$ MPa Valore caratteristico frattile 5%

Resistenza a trazione per flessione:

$f_{ctm} =$ MPa Valore medio

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 9 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

$$f_{ctk,0,05} = \boxed{2,1} \text{ MPa} \quad \text{Valore caratteristico frattile 5\%}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = \boxed{1,5}$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$$f_{cd} = \boxed{14,1} \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{ctd} = \boxed{1,19} \text{ MPa} \quad (f_{ctk,0,05} / \gamma_s)$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$$f_{ctd f} = \boxed{1,43} \text{ MPa} \quad 1,2 \cdot f_{ctd}$$

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valore va ridotto del 20%

Modulo di elasticità secante:

$$E_{cm} = \boxed{31447} \text{ MPa}$$

Modulo di Poisson:

$$\nu = \boxed{0,0,2}$$

□

Coefficiente di dilatazione lineare

$$\alpha = \boxed{0,00001} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1,00$$

$$f_{bd} = \boxed{2,69} \text{ MPa} \quad (2,25 \cdot f_{ctk} \cdot \eta / \gamma_s)$$

Nel caso di armature molto addensate, o ancoraggi in zona tesa tale valore va diviso per 1,5

Tensioni massime per la verifica agli SLE

$$\sigma_{cmax QP} = (0,45 f_{ck}) = \boxed{11,21} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax R} = (0,60 f_{ck}) = \boxed{14,94} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

In favore di sicurezza il calcolo dell'intero muro viene effettuato considerando un calcestruzzo di classe C25/30.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 10 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

4.3 ACCIAIO PER ARMATURE

Per l'armatura delle strutture in calcestruzzo è previsto l'impiego di barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C, di cui nel seguito sono riportate le relative caratteristiche meccaniche:

Classe di Resistenza

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = \boxed{540} \text{ MPa} \quad (\text{frattile al } 5\%)$$

Tensione caratteristica allo snervamento:

$$f_{yk} = \boxed{450} \text{ MPa} \quad (\text{frattile al } 5\%)$$

Fattore di sovrarresistenza (nel caso di impiego di legame costitutivo tipo bilineare con incrudimento)

$$k = f_{tk}/f_{yk} = \boxed{1.20} \text{ MPa}$$

Allungamento a rottura (nel caso di impiego di legame costitutivo tipo bilineare con incrudimento)

$$(A_{gt})_k = \varepsilon_{uk} = \boxed{7.5} \%$$

$$\varepsilon_{ud} = 0,9 \varepsilon_{uk} = \boxed{6.75} \%$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = \mathbf{1.15}$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1.0

Resistenza di calcolo allo SLU:

$$f_{yd} = \boxed{391.3} \text{ MPa} \quad (f_{yk}/\gamma_s)$$

Modulo di elasticità :

$$E_f = \boxed{210000} \text{ MPa}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 11 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

4.4 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 Tab. C4.1.IV della Circolare Esplicativa NTC n.617/09, 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 $c_{min} \geq 35\text{mm}$ per il solettone di fondazione e $c_{min} \geq 25\text{mm}$.

In definitiva ai fini progettuali si è assunto **$c=40\text{mm}$** 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

Tabella C4.1.IV Copriferrini 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	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
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 n617/09

5. 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, da cui si evince che le formazioni più superficiali che interagiscono con le fondazioni degli scatolari, sono generalmente costituite dalle unità geotecniche **As, Ag, Ala, Salt e aP**, di cui nel seguito si ripilogano i parametri fisico-meccanici attribuiti sulla scorta dei risultati delle indagini effettuate:

Stratigrafia		
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	
As	0.0÷3.0	Depositi alluvionali sabbiosi
Ag	3.0÷7.0	Depositi alluvionali ghiaioso-sabbioso
Ala	7.0÷9.5	Depositi alluvionali limo argillosi
Salt	9.5÷14.0	Substrato alterato limoso argilloso
Ap	>14.0	Formazione dello Schlier

Profondità della falda assunta a quota del piano di posa delle fonazioni.

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 Ag - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\phi' = 36\div 42^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $V_s = 120\div 350 \text{ m/s}$ velocità delle onde di taglio
 $G_o = 30\div 250 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 70\div 650 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Ala - Depositi alluvionali limoso argillosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\phi' = 24\div 26^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 0\div 5 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $c_u = 50\div 100 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $G_o = 30\div 100 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 70\div 250 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 13 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

$\gamma = 19.0 \div 21.5 \text{ kN/m}^3$	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 Ap – substrato arenaceo pelitico

$\gamma = 23.5 \text{ kN/m}^3$ 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' [°]
15	70 ÷ 100	36
25	100 ÷ 150	32 ÷ 36
50	150 ÷ 200	27 ÷ 32
75	200 ÷ 250	25 ÷ 30

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 14 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le opere in progetto rientrano nell'ambito dei Lavori di Realizzazione dell'Infrastruttura "Pedemontana delle Marche" progettato per una vita nominale V_N pari a **50** anni. ed una classe d'uso **III** (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e retiferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.) ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

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

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

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

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

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

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

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

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

Tabella 1 - Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T_c^*) per comune di riferimento: Camerino

V_R [anni]	Stato Limite	PV_R -	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
75	SLO	81%	45	0.078	2.44	0.285
	SLD	63%	75	0.097	2.433	0.295
	SLV	10%	712	0.220	2.544	0.333
	SLC	5%	1462	0.277	2.584	0.343

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	15 di 111

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

- Categoria di suolo = C;
- Categoria topografica = T1;
- S_s , fattore stratigrafico = 1.364;
- S_T , fattore topografico = 1.00;
- C_c , fattore correttivo del periodo T_c^* = 1.510.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 16 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

7.1 VERIFICA SLE

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

7.1.1 Verifiche delle tensioni

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

CALCESTRUZZO C25/30

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

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

ACCIAIO

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 17 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

7.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

Risultando in particolare: :

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

Nel caso in esame si ha:

- Per il calcestruzzo di strutture interrato:

Condizioni Ambientali: aggressive

Armature: Poco Sensibili

Conseguentemente dovrà risultare:

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

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

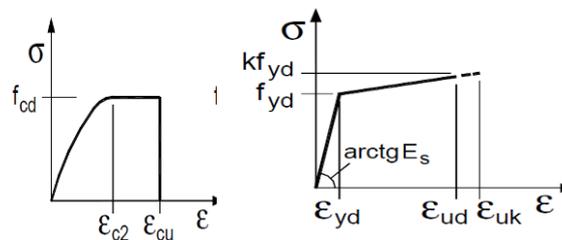
Riguardo infine il valore di calcolo dell'ampiezza delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto " C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.617/09.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	18 di 111

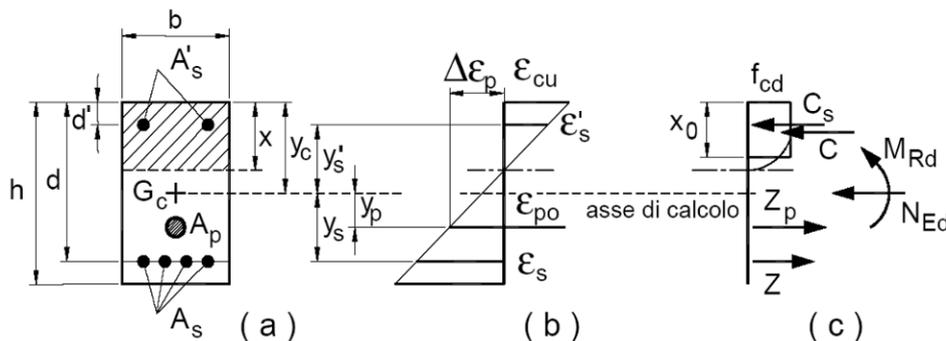
7.2 VERIFICHE ALLO SLU

7.2.1 Pressoflessione

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



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



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

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

7.2.2 Taglio

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	19 di 111

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

Dove:

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

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

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

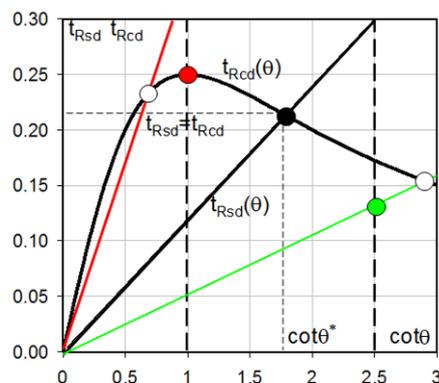
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)}{(1 + \text{ctg}^2\theta)}$$

Essendo:

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

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

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



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 20 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

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

dove

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

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

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

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

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

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

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

8. MURI DI SOSTEGNO

Di seguito si riportano i calcoli e la verifica dei muri di sostegno dell'opera in oggetto. Come per lo in premessa, essendo i muri di altezza variabile, per il calcolo si sono divisi i muri per conci e per essi si è assunta la seguente altezza:

$$H1 = H_{max} = 5.65 \text{ m (Muro A: Concio X)}$$

$$H2 = H_{max} = 4.45 \text{ m (Muro A: Concio Y)}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

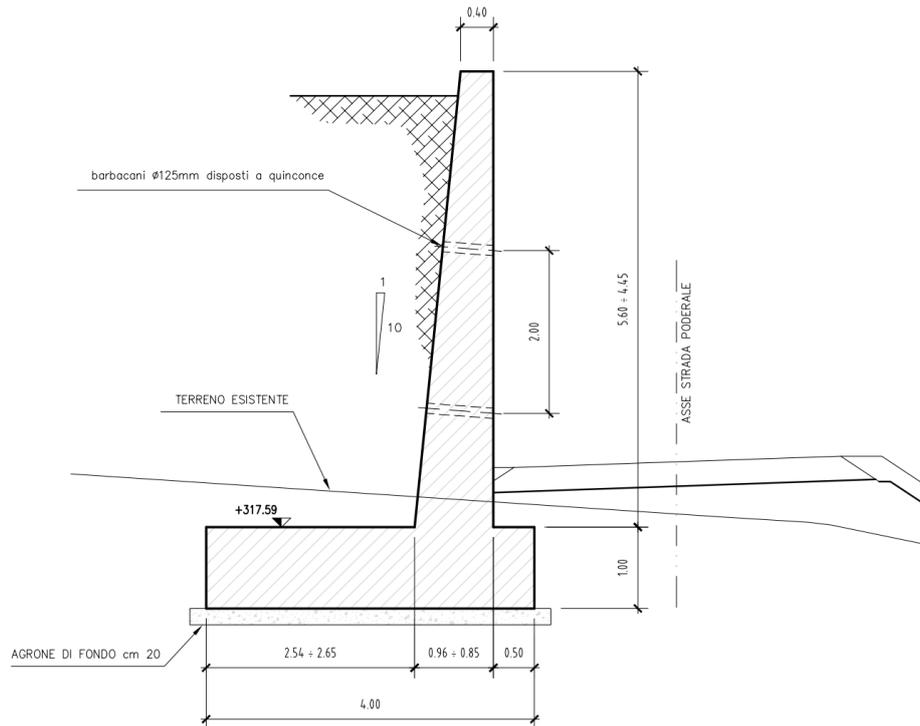
Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	21 di 111

SEZIONE TIPO MURO "A"

(CONCIO "X")

Scala 1:50



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

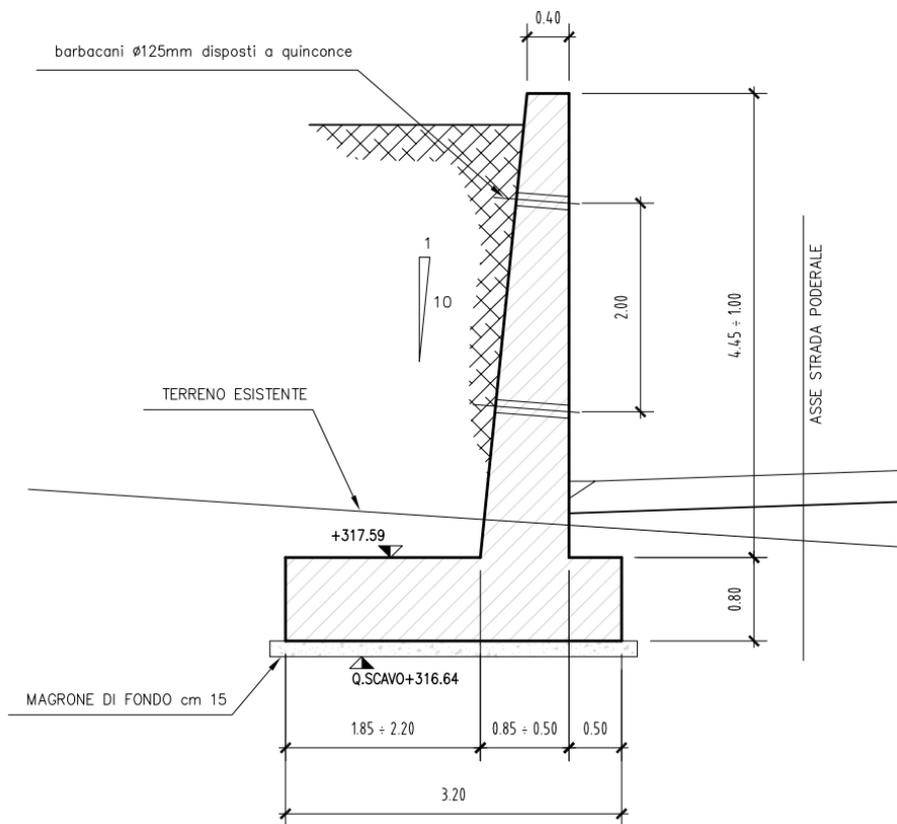
Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	22 di 111

SEZIONE TIPO MURO "A"

(CONCIO "Y")

Scala 1:50



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 23 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

9. 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:

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

A queste combinazioni si aggiunge la combinazione che prevede l'urto del veicolo in svio in testa al muro (ECC) con coefficienti unitari di combinazione dei carichi permanenti e degli accidentali e coefficiente di sicurezza anch'esso unitario.

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle tab delle NTC 2008.

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.

Nel nostro caso trattasi di muri di controripa, quindi che non hanno funzione di contenimento della sede ferroviaria pertanto, tale verifica viene omessa.

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

- ❖ Verifica del muro di sostegno

SLU di tipo geotecnico (GEO-ECC) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- ribaltamento.

SLU di tipo strutturale (STR-ECC)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'approccio 1:

- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

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 e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 24 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.III.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 25 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Sono stati considerati i seguenti Stati Limite.

9.1 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 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:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 26 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
 G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
 G_2 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

Nel nostro caso $\Psi_{2i}=0$

9.2 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:

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 27 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportati 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.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 28 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

10. VERIFICHE

10.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

1 Il Momento Ribaltante è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.

2 Il Momento Stabilizzante è dovuto al peso proprio del muro, del terreno su esso agente, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante/Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato, considerando il sistema come un corpo rigido.

10.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

Nella verifica a scorrimento sono state prese in considerazione tutte le forze agenti che innescano un meccanismo di traslazione lungo il piano di posa della fondazione per superamento dei limiti di attrito e coesione, tenendo conto dell'inclinazione del piano di posa e dell'eventuale presenza di speroni.

La **Forza Agente** è la spinta con i suoi incrementi sismici ed eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

La **Forza Resistente** è rappresentata dall'attrito e dalla coesione agente sulla fondazione, dalla presenza di tiranti e di pali, da particolari costruttivi quali gli speroni che servono ad aumentare la resistenza allo scorrimento oltre ad eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Forza Resistente/Forza Agente. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Scorrimento.

10.3 VERIFICA A CARICO LIMITE

È stato calcolato il carico limite secondo la metodologia dovuta a Brinch-Hansen, 1970, considerando la profondità d'interramento della fondazione, la stratigrafia degli strati sotto la fondazione, l'eventuale presenza della falda idrica, l'inclinazione del piano di posa della fondazione, l'inclinazione e l'eccentricità dei carichi esterni. Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Carico Limite / Carichi Agenti. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Carico Limite.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 29 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

10.4 PROGETTO E 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.

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

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

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.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 30 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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.

10.4.2 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:

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

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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\bullet \quad \rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

• A_{s1} 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;

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

• $1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

• A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 31 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

- 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.

10.4.3 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:

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

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo proposto della NTC 2008.

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	$\leq w_1$

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:

- $w_1 = 0.3 \text{ mm}$ -combinazione frequente,



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	32 di 111

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ -combinazione quasi permanente

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 33 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

10.4.4 Metodo di analisi - calcolo muro

10.4.4.1 Descrizione modello di calcolo

Il progetto e la verifica dei muri di sostegno sono stati effettuati con l'ausilio di fogli elettronici di comprovata validità.

In tali fogli vengono implementate tutte le caratteristiche geometriche dei muri insieme agli angoli di attrito tra paramento e terreno e tra fondazione e terreno.

Per quanto riguarda l'angolo di attrito tra paramento e terreno si può assumere $\delta = 0.667\phi'$.

Nel valutare la stabilità di un muro di sostegno è opportuno che la verifica allo scorrimento della fondazione del muro sia effettuata con riferimento al valore a volume costante o allo stato critico dell'angolo di resistenza al taglio, poichè il meccanismo di scorrimento, che coinvolge spessori molto modesti di terreno e l'inevitabile disturbo connesso con la preparazione del piano di posa della fondazione, possono comportare modifiche significative dei parametri di resistenza. Per questo stesso motivo, nelle analisi svolte in termini di tensioni efficaci, è opportuno trascurare ogni contributo della coesione nelle verifiche allo scorrimento (paragrafo 6.2.2 della circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.)

Inoltre, nella verifica a scorrimento e a ribaltamento dei muri di sostegno viene trascurata la resistenza passiva antistante il muro.

Considerazioni diverse, invece, devono, essere svolte con riferimento al calcolo della capacità portante della fondazione del muro che, per l'elevato volume di terreno indisturbato coinvolto, comporta il riferimento al valore di picco dell'angolo di resistenza al taglio, senza trascurare il contributo della coesione efficace del terreno.

Nel nostro caso l'angolo di attrito fondazione-terreno nelle verifiche a scorrimento è pari a $\phi'_{cv} = \arctan(0.85 \cdot \tan\phi')$.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 34 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

10.5 ANALISI DEI CARICHI

10.5.1 Pesì propri

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

- Pesì propri della struttura

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

- Pesì propri del terreno a monte

10.5.2 Spinta del terreno

Come detto in precedenza, per il terreno si è considerata una spinta attiva valutata ricorrendo alla teoria di Coulomb.

10.5.3 Spinta passiva e peso del terreno sulla ciabatta di fondazione di valle

Nelle verifiche geotecniche si trascurano cautelativamente i contributi stabilizzanti dovuti alla spinta passiva della terra ed al peso del terreno sovrastante la ciabatta di fondazione di valle.

10.5.4 Azione dovuto all'urto del veicolo in svio

Non sono presenti sicurvia in testa al muro essendo un muro di sottoscarpa.

10.5.5 Valutazione dell'azione sismica

La valutazione della spinta del terreno in zona sismica, secondo quanto prevede il D.M. 14 gennaio 2008

“Norme tecniche per le Costruzioni” al § 3.2.3 e al § 7.11.6.2.1, è stata eseguita utilizzando metodi *pseudo-statici*.

In particolare, il procedimento per la definizione dei parametri sismici di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti d'amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

L'utilizzo di metodi pseudo-statici consente di ricondurre l'azione sismica, che è un'azione dinamica variabile nel tempo e nello spazio, ad un insieme di forze statiche equivalenti, orizzontali e verticali, mediante l'utilizzo di coefficienti sismici, che dipendono dalla zona sismica, dalle condizioni locali e dall'entità degli spostamenti ammessi per l'opera considerata. Tali coefficienti vengono utilizzati, oltre che per valutare le forze di inerzia sull'opera, anche per determinare la spinta retrostante il muro, mediante l'utilizzo della teoria di Mononobe

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 35 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Okabe.

Come specificato al § 7.11.6.2.1, in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v , devono essere calcolati come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm \frac{1}{2} \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

dove:

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

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

$$a_{\max} = S_T \cdot S_S \cdot a_g \quad [7.11.8]$$

dove:

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

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

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito che assume i valori riportati in Tab. 7.11-II del DM 14/01/2008:

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

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

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Pertanto, i parametri sismici sono pari a:

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 36 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni.

La classe d'uso assunta è la III $\rightarrow C_u = 1.5$

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(\text{SLV}) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni, vale:

$$T_R(\text{SLV}) = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 712 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma, è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S \rightarrow$ coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Visto che l'azione sismica varia al variare delle coordinate geografiche, per i comuni di interesse, si sono assunti nei calcoli i valori massimi presenti nella tratta interessata, considerando che le accelerazioni massime nei comuni di riferimento corrispondono circa ai valori sotto indicati (Marche, Comune di Camerino):

$$a_g / g = 0.2206$$

Per il sottosuolo si è adottata una **categoria C** e si considera l'opera ubicata in pianura, per cui:

$$S_s = 1.364 \quad (\text{in favore di sicurezza})$$

$$S_t = 1$$

$$S = S_s \cdot S_t = 1.364$$

L'accelerazione massima risulterebbe quindi:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot a_g = 1.364 \cdot 0.2206 g = 0.30 g$$

$$\beta_m = 0.31 \quad \text{nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)}$$

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

$$(\text{SLV}) \quad k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.0933$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.0466$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	37 di 111

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piedem come nel caso in esame, si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica.

11. ANALISI DEI MURI

11.1 SCHEMA DI CALCOLO

In Figura 7 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche geotecniche:

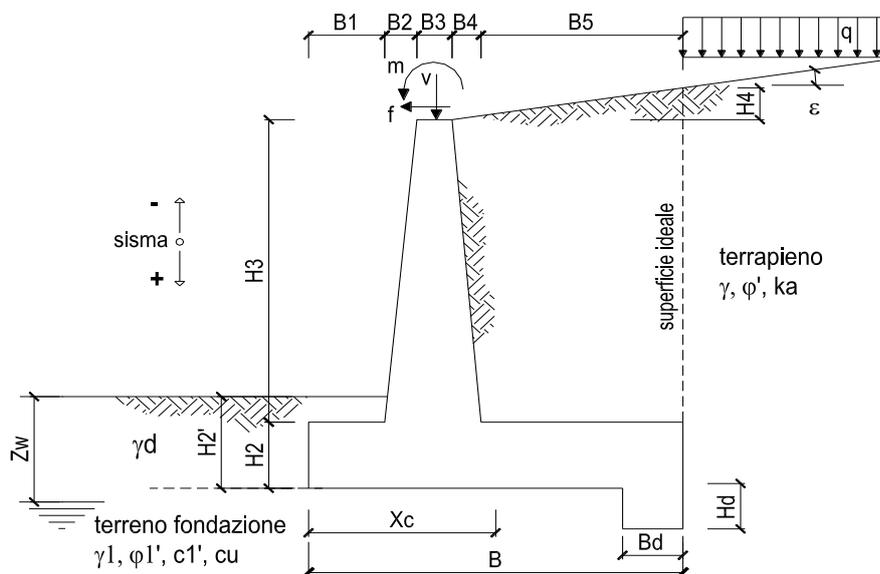


Figura 7 – Schema di calcolo

11.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate negli allegati:

11.2.1 Sezione H1 = 5.60 m

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S _{cr,Max}	Ribaltamento	R _{ib,Max}	Capacità portante	C _{ap.P} ort,Max	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	4.92
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+R1	1.69	> 1.00	2.87	> 1.00	3.48	> 1.00	-
caso A2+M2+R2	1.29	> 1.00	2.65	> 1.00	1.31	> 1.00	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.25	> 1.00	2.89	> 1.00	1.27	> 1.20	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.25	> 1.00	2.56	> 1.00	1.30	> 1.20	-
EQU+M2+R2	-	-	2.23	> 1.00	-	-	-

11.2.2 Sezione H2 = 4.45 m

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S _{cr,Max}	Ribaltamento	R _{ib,Max}	Capacità portante	C _{ap.P} ort,Max	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	3.10
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+R1	1.55	> 1.00	2.65	> 1.00	3.21	> 1.00	-
caso A2+M2+R2	1.17	> 1.00	2.43	> 1.00	1.18	> 1.00	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.23	> 1.00	2.93	> 1.00	1.40	> 1.20	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.24	> 1.00	2.60	> 1.00	1.44	> 1.20	-
EQU+M2+R2	-	-	2.05	> 1.00	-	-	-

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

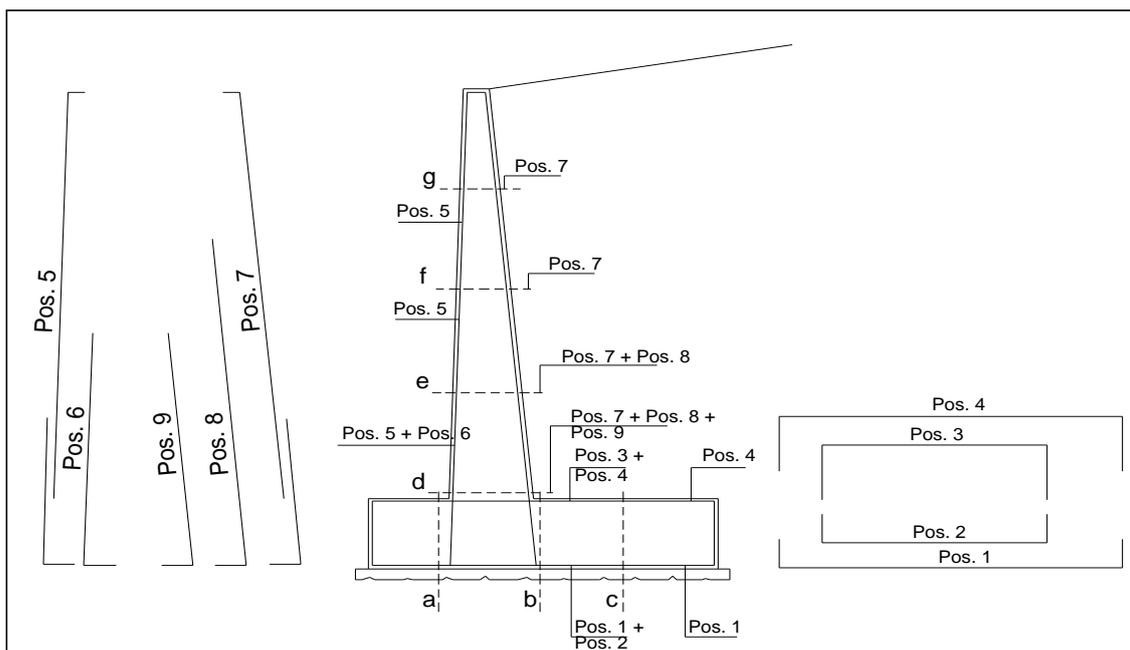
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag.di Pag. 39 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

11.3 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI

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

SCHEMA DELLE ARMATURE



Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 08 utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle tabella precedente per le azioni.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

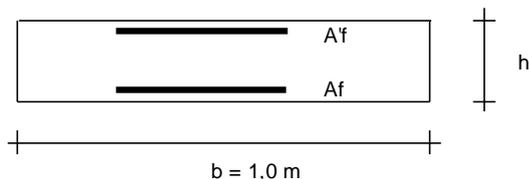
MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 40 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

11.3.1 Sezione H= 5.60 m
ARMATURE

pos	n°/ml	ϕ	pos	n°/ml	ϕ
1	5.0	16	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	22
4	5.0	22	8	0.0	0
			9	0.0	0

A1+M1+R1
SLU – combinazione STATICA (stato limite ultimo presso-flessionale)
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	26.46	0.00	103.83	1.00	10.05	19.01	365.51	0.00	228.10
b - b	-461.71	0.00	-228.33	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
c - c	-184.91	0.00	165.64	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
d - d	368.25	187.23	105.04	0.96	19.01	10.05	721.44	187.23	302.11
e - e	180.27	122.41	57.23	0.82	19.01	10.05	581.79	122.41	270.31

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

A2+M2+R2

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

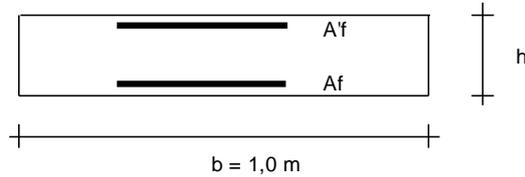
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 41 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICHE



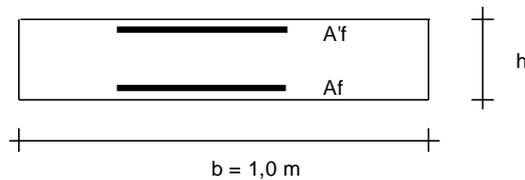
a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-7-8
f-f	pos 5-7
g-g	pos 5-7

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	28.10	0.00	110.02	1.00	10.05	19.01	365.51	0.00	228.10
b - b	-364.31	0.00	-154.83	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
c - c	-155.49	0.00	168.10	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
d - d	378.20	174.39	107.50	0.96	19.01	10.05	716.11	174.39	302.11
e - e	186.73	114.69	59.28	0.82	19.01	10.05	579.11	114.69	270.31

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

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

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	27.78	0.00	80.53	1.00	10.05	19.01	365.51	0.00	228.10
b - b	-344.44	0.00	-90.11	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
c - c	-140.80	0.00	8.88	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
d - d	365.29	157.49	5.97	0.96	19.01	10.05	709.09	157.49	302.11
e - e	156.16	99.58	3.53	0.82	19.01	10.05	573.86	99.58	270.31

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 42 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

VERIFICA FONDAZIONE

Verifica a taglio sez. a-a			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	228.10	kN	
VEd =	103.83	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.462		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00107		$\leq 0,02$
copriferro =	63.00	mm	
d =	937	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1005	mm ²	5 ϕ 16
$N_{Ed} =$	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 43 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Verifica a taglio sez. b-b			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	282.05	kN	
VEd =	228.33	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.462		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00203		$\leq 0,02$
copriferro =	63.00	mm	
d =	937	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1901	mm ²	5 ϕ 22
$N_{Ed} =$	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 44 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA ELEVAZIONE

Verifica a taglio sez. d-d			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	302.11	kN	
VEd =	105.04	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.472		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.312	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00212		$\leq 0,02$
copriferro =	63.00	mm	
d =	897	mm	
H =	960.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1901	mm ²	5 ϕ 22
N_{Ed} =	187.23	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.195	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

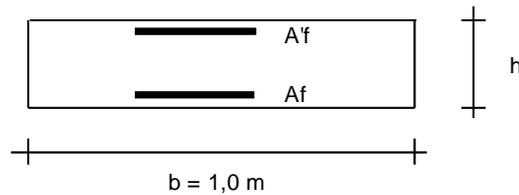
MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 45 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio e fessurazione)

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	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	21.75	0.00	1.00	10.05	19.01	0.29	24.39	0.034	0.200
b - b	-249.65	0.00	1.00	19.01	10.05	2.65	150.63	0.197	0.200
c - c	-111.79	0.00	1.00	19.01	10.05	1.19	67.45	0.088	0.200
d - d	265.10	162.38	0.96	19.01	10.05	3.11	128.44	0.168	0.200
e - e	128.45	106.23	0.82	19.01	10.05	1.98	71.30	0.086	0.200

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 46 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

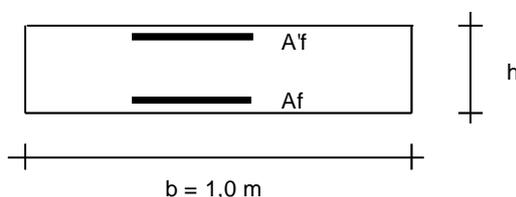
11.3.2 Sezione H= 4.45 m

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



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

A1+M1+R1

SLU – combinazione STATICA (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	21.26	0.00	82.92	0.80	10.05	15.71	286.85	0.00	202.33
b - b	-223.88	0.00	-154.73	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
c - c	-89.41	0.00	114.92	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
d - d	207.75	133.10	74.07	0.85	15.71	5.65	513.54	133.10	260.29
e - e	103.38	88.45	41.30	0.73	15.71	5.65	424.03	88.45	236.30

A2+M2+R2

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	22.75	0.00	88.48	0.80	10.05	15.71	286.85	0.00	202.33
b - b	-184.00	0.00	-114.36	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
c - c	-76.87	0.00	117.41	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
d - d	214.83	124.56	76.33	0.85	15.71	5.65	510.45	124.56	260.29
e - e	107.79	83.25	43.06	0.73	15.71	5.65	422.43	83.25	236.30

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	20.55	0.00	60.29	0.80	10.05	15.71	286.85	0.00	202.33
b - b	-152.23	0.00	-59.93	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
c - c	-61.16	0.00	6.46	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
d - d	185.19	109.01	4.41	0.85	15.71	5.65	504.81	109.01	260.29
e - e	79.43	70.05	2.65	0.73	15.71	5.65	418.36	70.05	236.30

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 47 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)
VERIFICA FONDAZIONE

Verifica a taglio sez a-a			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	202.33	kN	
VEd =	82.92 kN		ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.521		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.327	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00136		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm	
d =	738	mm	
H =	800.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1005	mm ²	5 ϕ 16
$N_{Ed} =$	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 48 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Verifica a taglio sez. b-b			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$	234.78	kN	
VEd =	154.73	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.521		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.327	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) =$	0.00213		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm	
d =	738	mm	
H =	800.00	mm	
b _w =	1000	mm	
A _{sl} =	1571	mm ²	5 ϕ 20
$N_{Ed} =$	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 49 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA ELEVAZIONE

Verifica a taglio sez. d-d			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	260.29	kN	
VEd =	74.07	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.505		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.323	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00201		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm	
d =	783	mm	
H =	845.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1571	mm ²	5 ϕ 20
$N_{Ed} =$	133.10	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.158	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 50 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio e fessurazione)

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	A _f	A' _f	σ _c	σ _f	w _k	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	17.11	0.00	0.80	10.05	15.71	0.33	24.56	0.034	0.200
b - b	-124.04	0.00	0.80	15.71	10.05	2.07	115.32	0.152	0.200
c - c	-54.58	0.00	0.80	15.71	10.05	0.91	50.75	0.067	0.200
d - d	148.34	115.50	0.85	15.71	5.65	2.38	96.14	0.123	0.200
e - e	73.07	76.80	0.73	15.71	5.65	1.50	52.63	0.063	0.200



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	51 di 111

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO DEL MURO

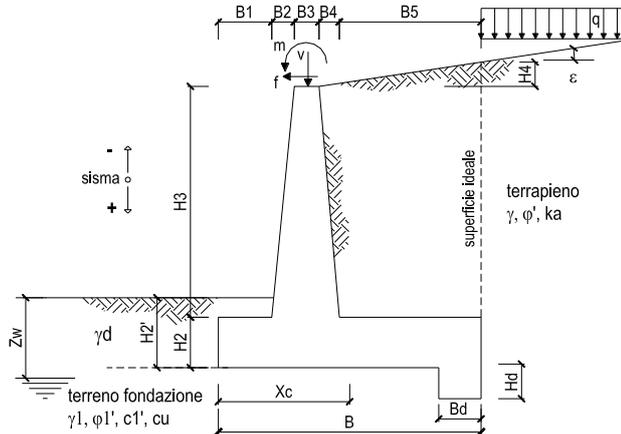
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	52 di 111

1.1 TABULATI MURO SEZIONE H= 5.60 M



OPERA Hmuro = 5.60 m

DATI DI PROGETTO:

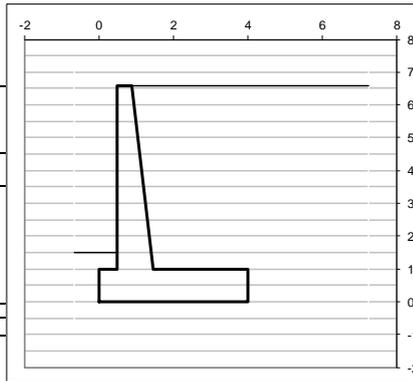
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.60	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.56	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.54	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzera Sezione	Xc =	2.00	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo $\gamma_{cls} = 25.00$ (kN/m³)



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup, id} = 23.35$ (°)	
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 0.00$ (kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ($\tan\phi_R = 0.85 \cdot \tan\phi'_p$)	$\phi_R = 28.90$ (°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 19.00$ (kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$ (kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2' = 1.50 (m)	
	Profondità Falda	Zw = 5.00 (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2'B)	Hs = 8.00 (m)	
	Modulo di deformazione	E = 80000 (kN/m ²)	
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.22$ (-)	S = 1.36 (-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m = 0.31$ (-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	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.	
	coefficiente sismico orizzontale	kh = 0.0933 (-)	stradale
	coefficiente sismico verticale	kV = 0.0466 (-)	ferroviario
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka = 0.24 (-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ = 0.30 (-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- = 0.30 (-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp = 2.87 (-)	2.871
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ = 2.72 (-)	2.715
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- = 2.70 (-)	2.699

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q = 30.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m = 0.00 (kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs = 10.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms = 0.00 (kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	53 di 111

Combinazione STATICA: A1+M1+R1

	caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
		permanenti	temporane e variabili	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
			sfavorevoli				sfavorevoli	γ_R	γ_R
SLU	● caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○ 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	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	28.90	(°)	
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(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-	=	0.30	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.871
	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	=	45.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	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 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	56.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	39.20	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	100.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	195.20	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	284.48	(kN/m)
Pt2 =	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	31.36	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	315.84	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 B3)$	=	39.20	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	42.60	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	200.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	281.80	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 B5)$	=	776.63	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	39.93	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	816.56	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	54 di 111

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A1+M1+R1)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 138.40 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 72.59 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 127.07 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 66.65 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 54.84 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 28.76 \quad (\text{kN/m})$$

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 279.56 \quad (\text{kNm})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 219.38 \quad (\text{kNm})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 219.93 \quad (\text{kNm})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 115.06 \quad (\text{kNm})$$

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

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso A1+M1+R1)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 594.65 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 193.72 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.69 \quad (-) > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A1+M1+R1)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1432.80 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 499.50 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.87 \quad (-) > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 55 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

(caso A1+M1+R1)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 594.65 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + Sq_h + f - Sp = 193.72 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 933.30 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 256.00 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \quad (\text{kPa})$$

$$\phi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 33.00 \quad (^\circ)$$

$$\gamma_1 = \text{peso unit\`a di volume terreno fondaz.} = 19.00 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 28.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.43 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.14 \quad (\text{m})$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 26.09 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi) \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 38.64 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi) \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 35.19 \quad (-)$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi)))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.45 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.43 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi)))^{m+1} = 0.31 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 659.64 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 3.48 \quad (-) > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 56 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.30 (cm)

Acciaio

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

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

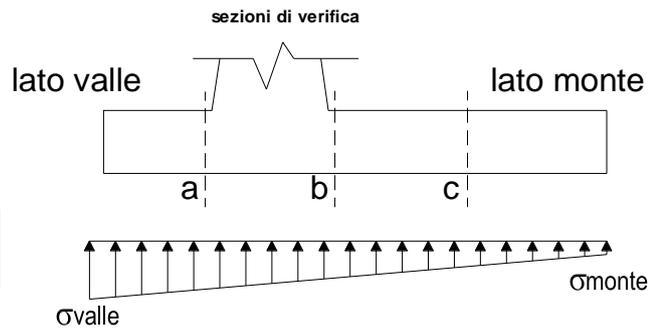
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 4.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	594.65	256.00	244.66	52.66

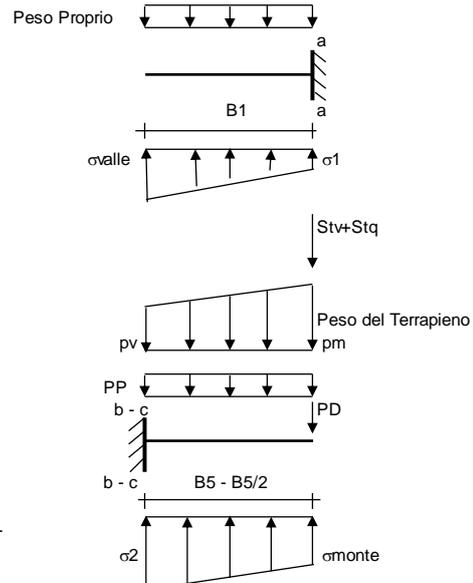


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 25.00 (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	244.66	220.66	26.46	103.83



Mensola Lato Monte

PP = 25.00 (kN/m²)
 PD = 0.00 (kN/m)
 peso proprio soletta fondazione
 peso proprio dente

p_m = 145.60 (kN/m²)
 p_{vb} = 145.60 (kN/m²)
 p_{vc} = 145.60 (kN/m²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

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	52.66	174.58	-461.71	113.62	-184.91	-228.33

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

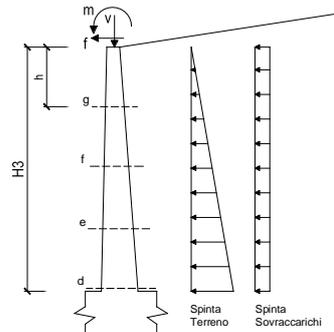
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 57 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S ✓ 1.36 (-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no		bm = var.
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0933	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0466	(-)		
Coefficienti di Spinta	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	(-)	0.345	
	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	(-)			

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	102.36	63.27	0.00	165.64
e-e	4.20	57.58	47.46	0.00	105.04
f-f	2.80	25.59	31.64	0.00	57.23
g-g	1.40	6.40	15.82	0.00	22.22

condizione statica

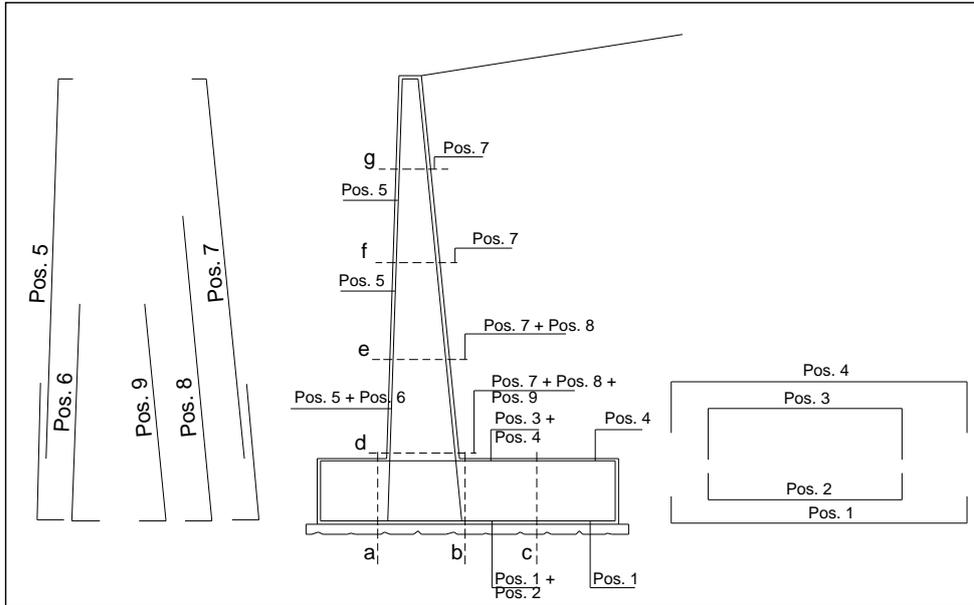
sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	191.08	177.17	0.00	368.25	56.87	35.15	0.00	95.20	187.23
e-e	4.20	80.61	99.66	0.00	180.27	31.99	26.37	0.00	64.05	122.41
f-f	2.80	23.88	44.29	0.00	68.18	14.22	17.58	0.00	37.80	69.59
g-g	1.40	2.99	11.07	0.00	14.06	3.55	8.79	0.00	16.45	28.79

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 58 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

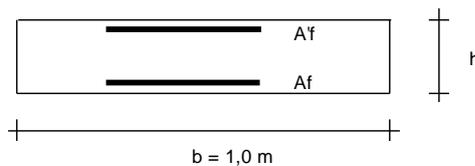


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	22
4	5.0	22	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
 b-b pos 1-2-3-4
 c-c pos 1-4
 d-d pos 5-6-7-8-9
 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	26.46	0.00	103.83	1.00	10.05	19.01	365.51	0.00	228.10
b - b	-461.71	0.00	-228.33	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
c - c	-184.91	0.00	165.64	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
d - d	368.25	187.23	105.04	0.96	19.01	10.05	721.44	187.23	302.11
e - e	180.27	122.41	57.23	0.82	19.01	10.05	581.79	122.41	270.31

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	59 di 111

Combinazione STATICA: A2+M2+R2

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimen to	Res.Terren o Valle
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	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'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ϵ	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	19.51	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup.id}$	=	19.51	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	23.83	(°)	
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.367
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.356
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.199

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	39.00	(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)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	56.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	39.20	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	100.00	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	195.20	(kN/m)

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

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	284.48	(kN/m)
$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	31.36	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	315.84	(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)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	39.20	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	42.60	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	200.00	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	281.80	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	776.63	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	39.93	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	816.56	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	60 di 111

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A2+M2+R2)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 133.30 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 78.77 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 125.65 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 74.25 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 44.53 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 26.31 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MS_{t1} = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 276.42 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{t2} = Stv \cdot B = 178.11 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q1} = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 245.01 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q2} = Sqv \cdot B = 105.25 \text{ (kNm)}$$

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

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$M_{fext1} = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{fext2} = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{fext3} = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso A2+M2+R2)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 581.88 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 199.89 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.44 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.29 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A2+M2+R2)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{fext3} = 1381.72 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{fext1} + M_{fext2} + MS_p = 521.43 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.65 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 61 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

(caso A2+M2+R2)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 581.88 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - Sp = 199.89 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 860.29 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 303.47 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \text{ (kPa)}$$

$$\phi' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 26.41 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 19.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma_d H_2 \text{ sovraccarico stabilizzante} = 28.50 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.52 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 2.96 \text{ (m)}$$

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

$$N_q = tg^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot tg(\phi'))} \text{ (1 in cond. nd)} = 12.39 \text{ (-)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / tg(\phi') \text{ (2+}\pi \text{ in cond. nd)} = 22.93 \text{ (-)}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\phi') \text{ (0 in cond. nd)} = 13.30 \text{ (-)}$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.43 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.38 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^{m+1} = 0.28 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 257.90 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 1.31 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 62 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.30 (cm)

Acciaio

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

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

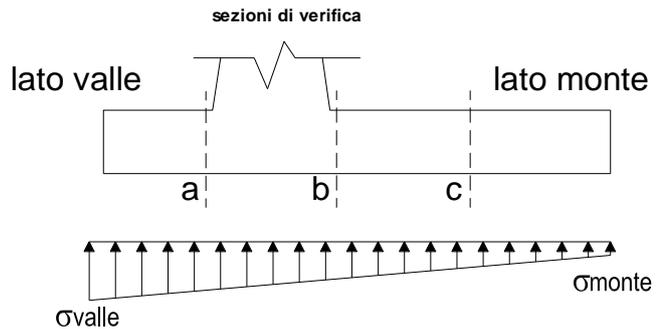
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 4.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
statico	581.88	303.47	259.27	31.67

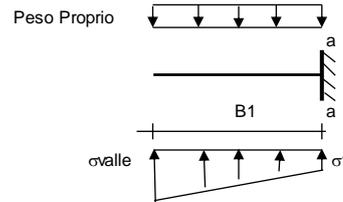


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 25.00 (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} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	M_a [kNm]	T_a [kN]
statico	259.27	230.82	28.10	110.02



Mensola Lato Monte

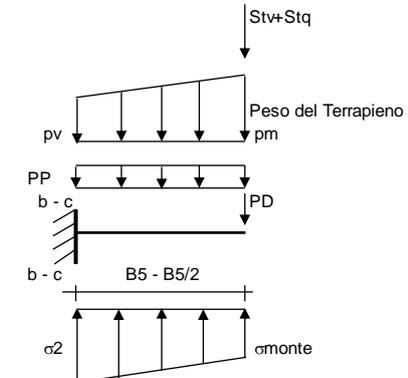
PP = 25.00 (kN/m²)
 PD = 0.00 (kN/m)
 pm = 112.00 (kN/m²)
 pvb = 112.00 (kN/m²)
 pvc = 112.00 (kN/m²)

peso proprio soletta fondazione
 peso proprio dente

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^5 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5 - Bd^2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

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

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_{2b} [kN/m ²]	M_b [kNm]	σ_{2c} [kN/m ²]	M_c [kNm]	T_b [kN]
statico	31.67	176.20	-364.31	103.93	-155.49	-154.83



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

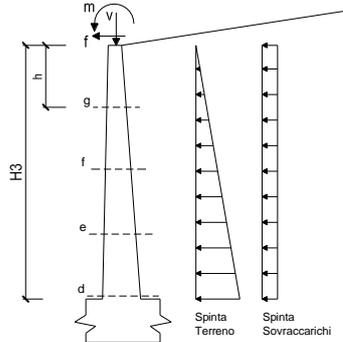
MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	63 di 111

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat. Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	1.36	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)						Categoria di suolo	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0933	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0466	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.35	(-)	0.349		
	componente orizzontale	kah	=	0.316	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.15	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.41	(-)	0.414		
	componente orizzontale	kash+	=	0.37	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.18	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.42	(-)	0.421		
	componente orizzontale	kash-	=	0.38	(-)			
componente verticale	kasv-	=	0.18	(-)				

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

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

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

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

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	99.09	69.01	0.00	168.10
e-e	4.20	55.74	51.76	0.00	107.50
f-f	2.80	24.77	34.51	0.00	59.28
g-g	1.40	6.19	17.25	0.00	23.45

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	184.97	193.23	0.00	378.20	46.68	32.51	0.00	95.20	174.39
e-e	4.20	78.03	108.69	0.00	186.73	26.26	24.38	0.00	64.05	114.69
f-f	2.80	23.12	48.31	0.00	71.43	11.67	16.25	0.00	37.80	65.73
g-g	1.40	2.89	12.08	0.00	14.97	2.92	8.13	0.00	16.45	27.49

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

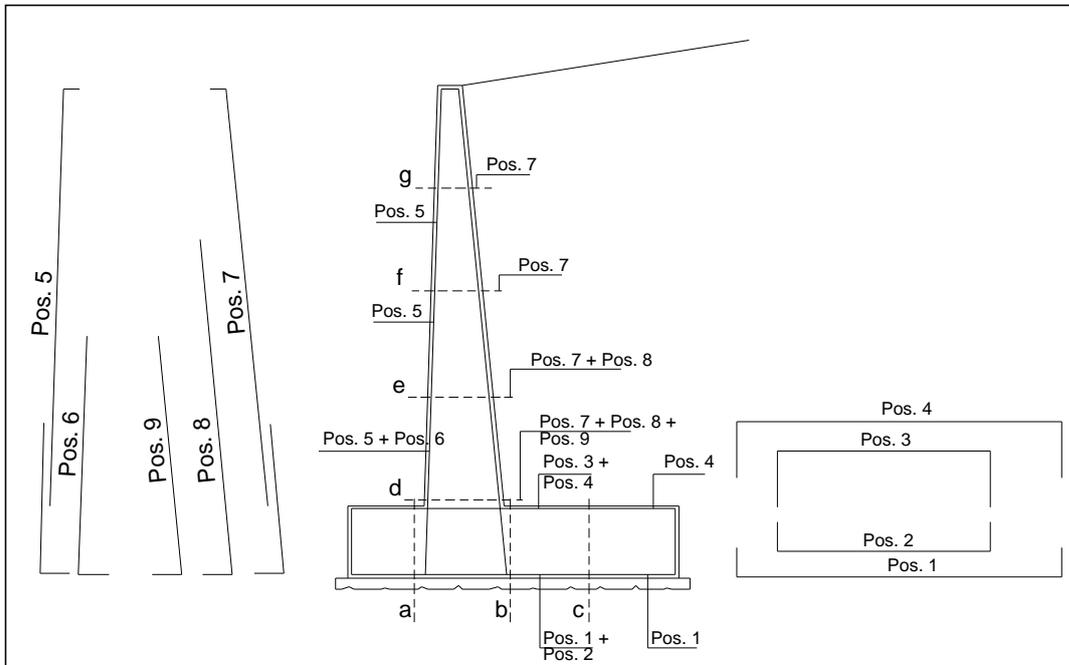
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 64 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

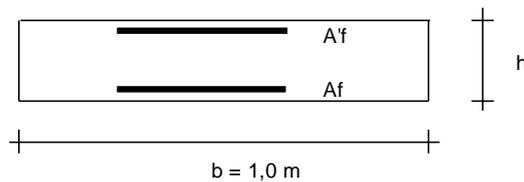


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	22
4	5.0	22	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm ²)	A'f (cm ²)	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
a - a	28.10	0.00	110.02	1.00	10.05	19.01	365.51	0.00	228.10
b - b	-364.31	0.00	-154.83	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
c - c	-155.49	0.00	168.10	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
d - d	378.20	174.39	107.50	0.96	19.01	10.05	716.11	174.39	302.11
e - e	186.73	114.69	59.28	0.82	19.01	10.05	579.11	114.69	270.31

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	65 di 111

Combinazione STATICA: EQU+M2+R2

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante γ_R	Scorrimen to γ_R	Res. Terren o Valle γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	EQU+M2+R2	1.10	1.50	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'	=	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-paramento	δ_{muro}	=	19.51	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	19.51	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	23.83	(°)	
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.367
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.356
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.199

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	45.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 56.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 39.20 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 100.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 195.20 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 284.48 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 31.36 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 315.84 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 39.20 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 42.60 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 200.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 281.80 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 776.63 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 39.93 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 816.56 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 66 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 146.63 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 90.89 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 138.21 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 85.67 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 48.98 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 30.36 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 304.06 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 195.92 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 282.70 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 121.44 \text{ (kNm)}$$

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

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)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1305.88 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 586.77 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.23 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	67 di 111

Combinazione SISMICA

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ _R		
			permanenti	temporane e variabili	tan φ'	c'	c _u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno o Valle
			sfavorevoli	sfavorevoli				γ _R	γ _R	γ _R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	●	Sismica	1.00	0.20	1.25	1.25	1.40	1.20	1.00	1.20
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'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ _{muro}	=	19.51	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ _{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 '	=	23.83	(°)	
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.367
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.356
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.199

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	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})	=	56.00	(kN/m)
Pm3 =	(B4*H3*γ _{cls})/2	=	39.20	(kN/m)
Pm4 =	(B*H2*γ _{cls})	=	100.00	(kN/m)
Pm5 =	(Bd*Hd*γ _{cls})	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	195.20	(kN/m)

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

Pt1 =	(B5*H3*γ)	=	284.48	(kN/m)
Pt2 =	(0.5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	(B4*H3*γ)/2	=	31.36	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	315.84	(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)	=	39.20	(kNm/m)
Mm3 =	Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	42.60	(kNm/m)
Mm4 =	Pm4*(B/2)	=	200.00	(kNm/m)
Mm5 =	Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	281.80	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	776.63	(kNm/m)
Mt2 =	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	39.93	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	816.56	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	68 di 111

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1 &= 0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ &= & 167,48 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+ &= & 0,00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1h &= Sst1 \cdot \cos\delta &= & 157,86 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1h &= Ssq1 \cdot \cos\delta &= & 0,00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1v &= Sst1 \cdot \sin\delta &= & 55,94 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1v &= Ssq1 \cdot \sin\delta &= & 0,00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) &= & 347,28 \text{ (kN/m)} \\ MSst2 &= Sst1v \cdot B &= & 223,77 \text{ (kN/m)} \\ MSsq1 &= Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) &= & 0,00 \text{ (kN/m)} \\ MSsq2 &= Ssq1v \cdot B &= & 0,00 \text{ (kN/m)} \\ MSP &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0,5} + \gamma_1 \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 &= & 0,00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 18,21 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 29,46 \text{ (kN/m)} \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & 14,73 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) &= & 0,00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) &= & 19,85 \text{ (kNm/m)} \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) &= & 10,48 \text{ (kNm/m)} \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) &= & 4,66 \text{ (kNm/m)} \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) &= & 0,00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 35,00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0,5) &= & 64,61 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0,5) &= & 0,00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3/2/3) - (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0,5) &= & 11,30 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 75,92 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$\begin{aligned} Mfext1 &= ms &= & 0,00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext2 &= fs \cdot (H3 + H2) &= & 0,00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext3 &= vs \cdot (B1 + B2 + B3/2) &= & 0,00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 581,71 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 205,52 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan\phi_1' = 0,44 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1,25 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1322,13 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPts + MPts = 458,19 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2,89 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 69 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 581.71 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 205.52 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 863.94 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 299.49 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 26.41 \quad (^\circ)$$

$$\gamma_1 = \text{peso unit\`a di volume terreno fondaz.} = 19.00 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 28.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.51 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 2.97 \quad (\text{m})$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \text{tg}(\phi))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 12.39 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{tg}(\phi) \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 22.93 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\phi) \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 13.30 \quad (-)$$

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

$$i_q = (1 - T/(N + B^* c' \cot \phi))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.42 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1) = 0.37 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T/(N + B^* c' \cot \phi))^{m+1} = 0.27 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 249.20 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} B^* / N = 1.27 \quad (-) > 1.2$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	70 di 111

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas &= & 155.35 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos \delta &= & 146.42 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin \delta &= & 51.89 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) &= & 322.13 \text{ (kNm)} \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 207.56 \text{ (kNm)} \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) &= & 0.00 \text{ (kNm)} \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 \text{ (kNm)} \\ MSp &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 &= & 0.00 \text{ (kNm)} \end{aligned}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 18.21 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 29.46 \text{ (kN/m)} \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & -14.73 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs2 &= kh \cdot Pm \cdot (H2 + H3/2) &= & 19.85 \text{ (kNm/m)} \\ MPs3 &= kh \cdot Pm \cdot (H2+H3/3) &= & 10.48 \text{ (kNm/m)} \\ MPs4 &= kh \cdot Pm \cdot (H2/2) &= & 4.66 \text{ (kNm/m)} \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 35.00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) &= & 137.06 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt \cdot ((H2+H3^2/3)+(B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) &= & 16.39 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 153.45 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$\begin{aligned} Mfext1 &= ms &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext2 &= fs \cdot (H3 + H2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext3 &= vs \cdot (B1 + B2 + B3/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 548.20 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 194.09 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.44 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.25 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1305.92 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPts + MPts = 510.57 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.56 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 71 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 548.20 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 194.09 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 795.35 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 301.05 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\phi' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 26.41 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 19.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 28.50 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.55 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 2.90 \text{ (m)}$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi'))} \text{ (1 in cond. nd)} = 12.39 \text{ (-)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi') \text{ (2+}\pi \text{ in cond. nd)} = 22.93 \text{ (-)}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi') \text{ (0 in cond. nd)} = 13.30 \text{ (-)}$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.42 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.37 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^{m+1} = 0.27 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 246.17 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 1.30 \text{ (-)} > 1.2$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 72 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.30 (cm)

Acciaio

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

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

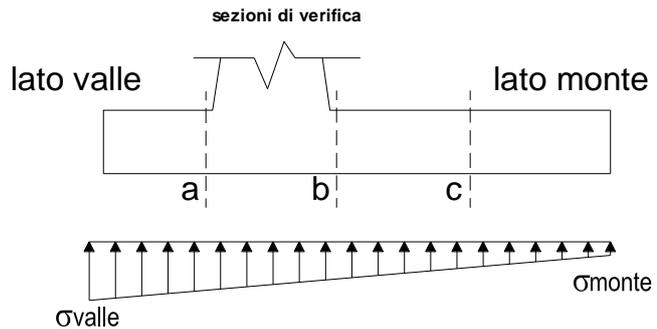
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 4.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
sisma+	581.71	299.49	257.74	33.12
sisma-	548.20	301.05	249.94	24.16

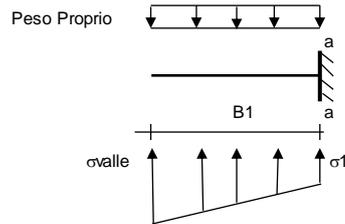


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 25.00 (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} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	M_a [kNm]	T_a [kN]
sisma+	257.74	229.66	27.78	108.77
sisma-	249.94	221.72	27.09	103.65



Mensola Lato Monte

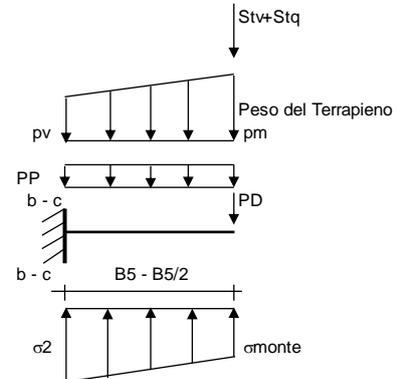
PP = 25.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 112.00 (kN/m²)
 pvb = 112.00 (kN/m²)
 pvc = 112.00 (kN/m²)

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_{2b} [kN/m ²]	M_b [kNm]	σ_{2c} [kN/m ²]	M_c [kNm]	T_b [kN]
sisma+	33.12	175.75	-344.44	104.44	-140.80	-154.89
sisma-	24.16	167.53	-321.04	95.84	-132.48	-140.20



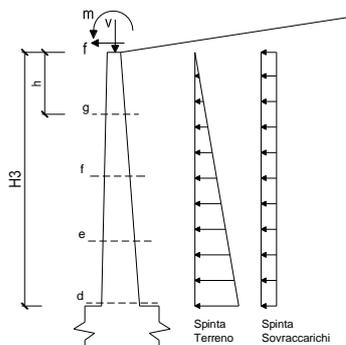
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 73 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	1.36	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $bm = var$				
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.0933	(-)	Categoria di suolo	0.349	0.414
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.0466	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	k_a	=	0.35	(-)			
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.316	(-)			
	componente verticale	k_{av}	=	0.15	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.41	(-)			
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.37	(-)			
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.18	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.42	(-)			
	componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.38	(-)			
componente verticale	k_{asv-}	=	0.18	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma^*(1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma^*(1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

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

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

$$M_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot k_h \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a_{vert.}} \cdot \gamma^*(1 \pm k_v) \cdot h^2$$

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

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \Sigma P m_i \cdot (1 \pm k_v)$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	T _t	T _q	T _{ext}	T _{inerzia}	T _{tot}
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	122.80	0.00	0.00	8.88	131.68
e-e	4.20	69.07	0.00	0.00	5.97	75.05
f-f	2.80	30.70	0.00	0.00	3.53	34.23
g-g	1.40	7.67	0.00	0.00	1.53	9.21

condizione sismica +

sezione	h [m]	M _t	M _q	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	N _t	N _q	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	343.84	0.00	0.00	21.45	365.29	57.85	0.00	0.00	99.64	157.49
e-e	4.20	145.06	0.00	0.00	11.11	156.16	32.54	0.00	0.00	67.04	99.58
f-f	2.80	42.98	0.00	0.00	4.51	47.49	14.46	0.00	0.00	39.56	54.03
g-g	1.40	5.37	0.00	0.00	1.02	6.39	3.62	0.00	0.00	17.22	20.83

condizione sismica -

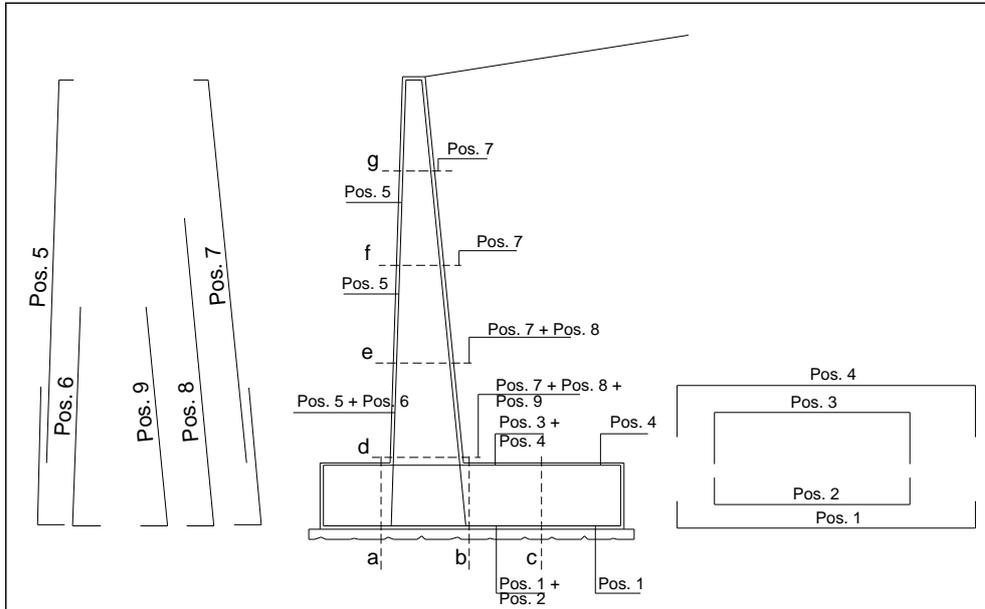
sezione	h [m]	M _t	M _q	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	N _t	N _q	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	318.56	0.00	0.00	21.45	340.01	53.60	0.00	0.00	90.76	144.36
e-e	4.20	134.39	0.00	0.00	11.11	145.50	30.15	0.00	0.00	61.06	91.21
f-f	2.80	39.82	0.00	0.00	4.51	44.33	13.40	0.00	0.00	36.04	49.44
g-g	1.40	4.98	0.00	0.00	1.02	6.00	3.35	0.00	0.00	15.68	19.03

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI
MURO IN C.A. SU NV0+690
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 74 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

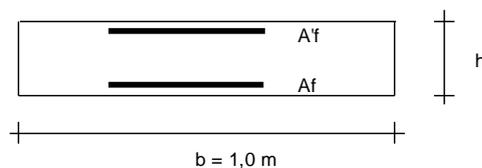


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	22
4	5.0	22	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm ²)	A'f (cm ²)	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
a - a	27.78	0.00	80.53	1.00	10.05	19.01	365.51	0.00	228.10
b - b	-344.44	0.00	-90.11	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
c - c	-140.80	0.00	8.88	1.00	19.01	10.05	673.03	0.00	282.05
d - d	365.29	157.49	5.97	0.96	19.01	10.05	709.09	157.49	302.11
e - e	156.16	99.58	3.53	0.82	19.01	10.05	573.86	99.58	270.31

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	75 di 111

Combinazione SLE e a Fessurazione

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	$\tan \phi'$	c'	c_u	Cap. portante γ_R	Scorrimen to γ_R	Res. Terren o Valle γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	●	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 Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ϵ	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coazione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	28.90	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	19.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γd	=	19.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	$H2'$	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(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	$kas-$	=	0.30	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.871
	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	=	10.00	(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)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	56.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	39.20	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	100.00	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	195.20	(kN/m)

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

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	284.48	(kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	31.36	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	315.84	(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)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	39.20	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	42.60	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	200.00	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	281.80	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	776.63	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	39.93	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	816.56	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

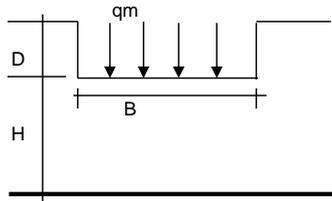
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 76 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	1.50	(m)
	D/B*	0.44	(m)
	H/B*	2.33	(m)
Carico unitario medio (qm)	qm = N / (B - 2*e) = N / B*	166.80	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.941	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.73	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	4.92	(mm)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	77 di 111

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	56.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	39.20	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	100.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	195.20	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	284.48	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	31.36	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	315.84	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	39.20	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	42.60	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	200.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	281.80	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	776.63	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	39.93	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	816.56	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	78 di 111

CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 106.46 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 48.39 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 97.75 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 44.43 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 42.19 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 19.18 \quad (\text{kN/m})$$

Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 215.05 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 168.75 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 146.62 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 76.71 \quad (\text{kN/m})$$

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

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 572.40 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1343.82 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 361.67 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 982.15 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 162.66 \quad (\text{kNm/m})$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 79 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

fctm = 0.30*(0.83*Rck)² = 2.56 (MPa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 6.30 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 4.00 (cm)

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

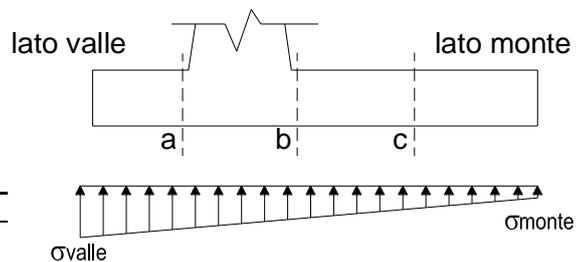
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = b \cdot h = 4.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 2.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
statico	572.40	162.66	204.10	82.10

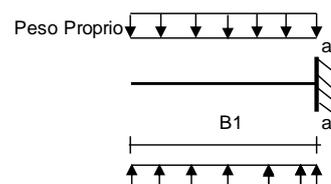


Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 25.00 (kN/m) peso proprio soletta fondazione

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

caso	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	Ma [kNm]
statico	204.10	188.85	21.75



Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 25.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 112.00 (kN/m²)

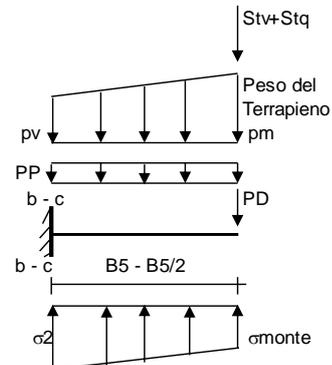
pvb = 112.00 (kN/m²)

pvc = 112.00 (kN/m²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_{2b} [kN/m ²]	Mb [kNm]	σ_{2c} [kN/m ²]	Mc [kNm]
statico	82.10	159.57	-249.65	120.84	-111.79



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

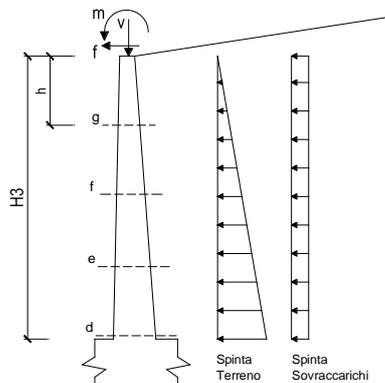
MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	80 di 111

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S = 1.36 Categoria di suolo
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no			bm = var.	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0933	(-)	0.287
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0466	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.345
	componente orizzontale	kah	=	0.25	(-)	
	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	(-)	0.352	
componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.60	146.98	118.11	0.00	265.10	43.75	23.44	0.00	95.20	162.38
e-e	4.20	62.01	66.44	0.00	128.45	24.61	17.58	0.00	64.05	106.23
f-f	2.80	18.37	29.53	0.00	47.90	10.94	11.72	0.00	37.80	60.45
g-g	1.40	2.30	7.38	0.00	9.68	2.73	5.86	0.00	16.45	25.04

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

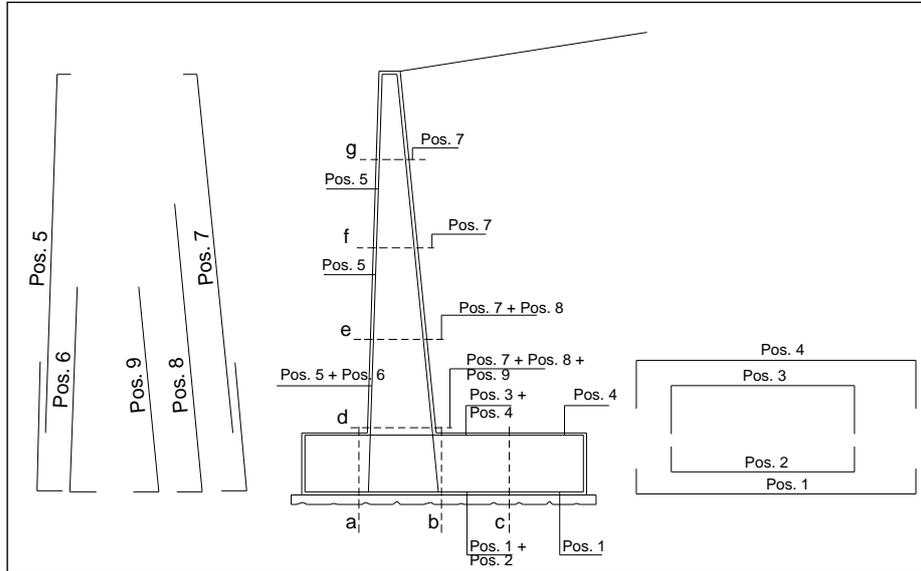
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 81 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

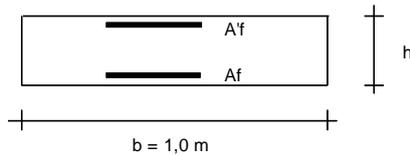


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	22
4	5.0	22	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



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

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf	wk	wamm
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	21.75	0.00	1.00	10.05	19.01	0.29	24.39	0.034	0.200
b - b	-249.65	0.00	1.00	19.01	10.05	2.65	150.63	0.197	0.200
c - c	-111.79	0.00	1.00	19.01	10.05	1.19	67.45	0.088	0.200
d - d	265.10	162.38	0.96	19.01	10.05	3.11	128.44	0.168	0.200
e - e	128.45	106.23	0.82	19.01	10.05	1.98	71.30	0.086	0.200

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

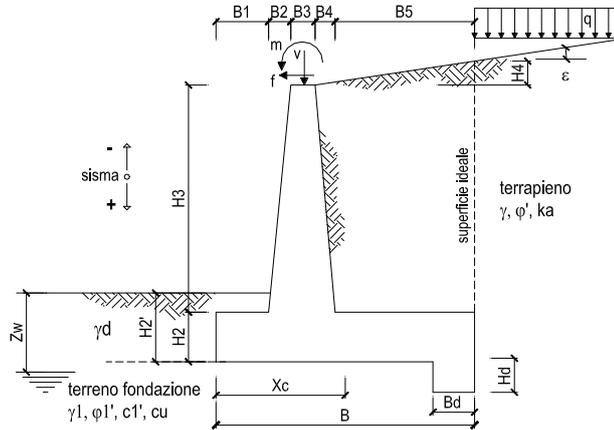
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	82 di 111

1.2 TABULATI MURO SEZIONE H= 4.45 M



OPERA Hmuro = 4.45 m

DATI DI PROGETTO:

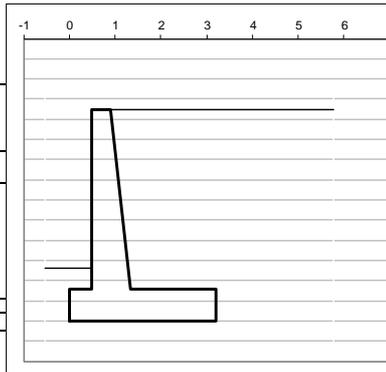
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	4.45	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.45	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	3.20	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.80	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	1.86	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzera Sezione	Xc =	1.60	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo $\gamma_{cls} = 25.00$ (kN/m³)



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m ³)	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup, id} = 23.35$ (°)	
	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 ($\tan\phi_R = 0.85 \cdot \tan\phi_d$)	$\phi_R = 28.90$ (°)	
Dati Sismici	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 19.00$ (kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$ (kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	$H_2' = 1.30$ (m)	
	Profondità Falda	$Z_w = 5.00$ (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	$H_s = 6.40$ (m)	
	Modulo di deformazione	$E = 80000$ (kN/m ²)	
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_q/g = 0.22$ (-)	S = 1.36
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m = 0.31$ (-)	Coefficiente Categoria di:
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $\beta_m = \text{Var.}$
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0.0933$ (-)	
	coefficiente sismico verticale	$k_v = 0.0466$ (-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$ka = 0.24$ (-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$kas+ = 0.30$ (-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$kas- = 0.30$ (-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$kp = 2.87$ (-)	2.871
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$kps+ = 2.72$ (-)	2.715	
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$kps- = 2.70$ (-)	2.699	

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q = 30.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m = 0.00 (kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs = 10.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms = 0.00 (kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	83 di 111

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
SLU	def.									
	☉	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	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	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ_1'	=	28.90	(°)		
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.30	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(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-	=	0.30	(-)	0.305	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.871	
	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	=	45.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	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})	=	44.50	(kN/m)
Pm3 =	(B4*H3* γ_{cls})/2	=	24.75	(kN/m)
Pm4 =	(B*H2* γ_{cls})	=	64.00	(kN/m)
Pm5 =	(Bd*Hd* γ_{cls})	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	133.25	(kN/m)

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

Pt1 =	(B5*H3* γ)	=	165.10	(kN/m)
Pt2 =	(0,5*(B4+B5)*H4* γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	(B4*H3* γ)/2	=	19.80	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	184.90	(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)	=	31.15	(kNm/m)
Mm3 =	Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	25.95	(kNm/m)
Mm4 =	Pm4*(B/2)	=	102.40	(kNm/m)
Mm5 =	Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	159.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	375.18	(kNm/m)
Mt2 =	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	23.70	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	398.88	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 84 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A1+M1+R1)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 87.57 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 57.74 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 80.41 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 53.01 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 34.70 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 22.88 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot (H2+H3+H4+Hd) / 3 - Hd = 140.71 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 111.05 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H2+H3+H4+Hd) / 2 - Hd = 139.16 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 73.22 \text{ (kNm)}$$

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

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+R1)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 375.73 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 133.42 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.55 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A1+M1+R1)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 742.64 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 279.87 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.65 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 85 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

(caso A1+M1+R1)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 375.73 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + Sq_h + f - Sp = 133.42 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 462.77 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 138.40 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \quad (\text{kPa})$$

$$\phi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 33.00 \quad (^\circ)$$

$$\gamma_1 = \text{peso unit\`a di volume terreno fondaz.} = 19.00 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 24.70 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.37 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 2.46 \quad (\text{m})$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 26.09 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi) \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 38.64 \quad (-)$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi) \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 35.19 \quad (-)$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi)))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.42 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.39 \quad (-)$$

$$i_{\gamma} = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi)))^{m+1} = 0.27 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 488.90 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 3.21 \quad (-) > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 86 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

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

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

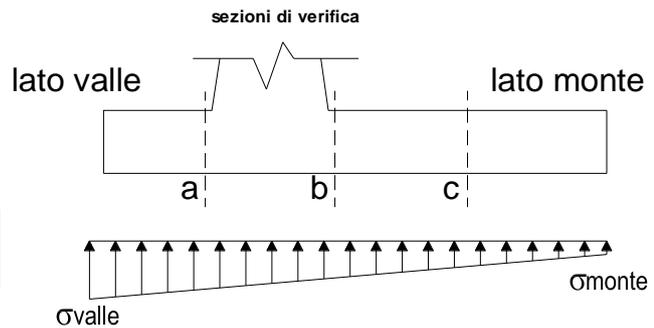
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.71 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	375.73	138.40	198.51	36.32

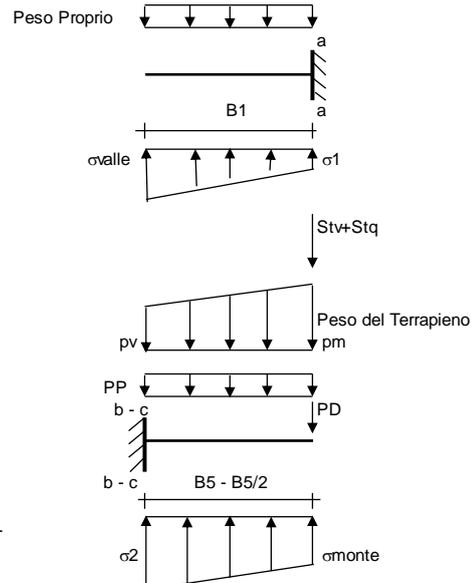


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 20.00 (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	198.51	173.17	21.26	82.92



Mensola Lato Monte

PP = 20.00 (kN/m²)
 PD = 0.00 (kN/m)
 peso proprio soletta fondazione
 peso proprio dente

pm = 115.70 (kN/m²)
 pvb = 115.70 (kN/m²)
 pvc = 115.70 (kN/m²)

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

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

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	36.32	130.34	-223.88	83.33	-89.41	-154.73

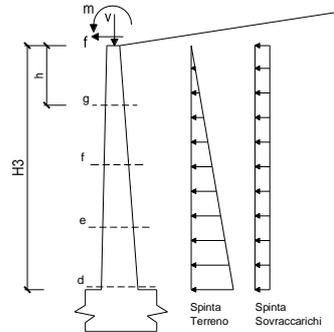
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	87 di 111

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S	1.36	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var.			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0933	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0466	(-)			
Coefficienti di Spinta	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	(-)	0.345		
	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	(-)			

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	64.64	50.28	0.00	114.92
e-e	3.34	36.36	37.71	0.00	74.07
f-f	2.23	16.16	25.14	0.00	41.30
g-g	1.11	4.04	12.57	0.00	16.61

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	95.88	111.87	0.00	207.75	35.91	27.93	0.00	69.25	133.10
e-e	3.34	40.45	62.93	0.00	103.38	20.20	20.95	0.00	47.30	88.45
f-f	2.23	11.99	27.97	0.00	39.95	8.98	13.97	0.00	28.44	51.38
g-g	1.11	1.50	6.99	0.00	8.49	2.24	6.98	0.00	12.67	21.90

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

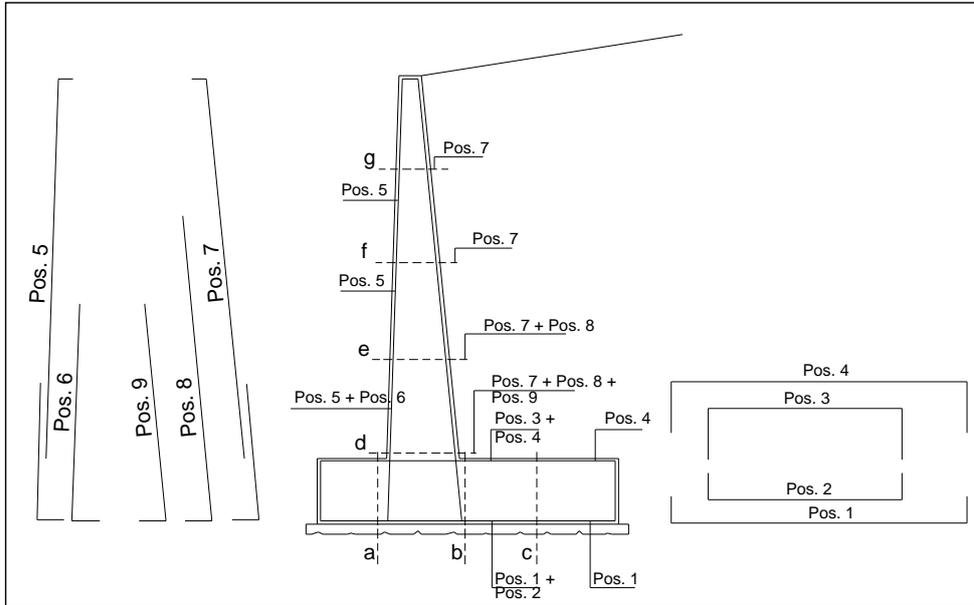
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 88 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

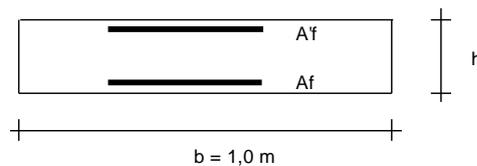


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm ²)	Af' (cm ²)	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
(-)									
a - a	21.26	0.00	82.92	0.80	10.05	15.71	286.85	0.00	202.33
b - b	-223.88	0.00	-154.73	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
c - c	-89.41	0.00	114.92	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
d - d	207.75	133.10	74.07	0.85	15.71	5.65	513.54	133.10	260.29
e - e	103.38	88.45	41.30	0.73	15.71	5.65	424.03	88.45	236.30

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	89 di 111

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
	SLU		permanenti	temporane e variabili	tan φ'	c'	c _u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
			sfavorevoli	sfavorevoli				γ_R	γ_R	γ_R
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	○	--	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'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	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'	=	23.83	(°)	
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.30	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.367
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.356
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.199

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	39.00	(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 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	44.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	24.75	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	133.25	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	165.10	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	19.80	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	184.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	31.15	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	25.95	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	102.40	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	159.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	375.18	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	23.70	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	398.88	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	90 di 111

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A2+M2+R2)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 84.35 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 62.66 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 79.50 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 59.06 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 28.17 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 20.93 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MS_{t1} = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 139.13 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{t2} = Stv \cdot B = 90.16 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q1} = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 155.03 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q2} = Sqv \cdot B = 66.98 \text{ (kNm)}$$

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

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$M_{fext1} = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{fext2} = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{fext3} = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso A2+M2+R2)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 367.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 138.56 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.44 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.17 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A2+M2+R2)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{fext3} = 715.51 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{fext1} + M_{fext2} + MS_p = 294.16 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.43 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 91 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

(caso A2+M2+R2)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 367.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + Sq_h + f - Sp = 138.56 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 421.35 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 166.26 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \text{ (kPa)}$$

$$\phi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 26.41 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 19.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 24.70 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.45 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 2.29 \text{ (m)}$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))} \text{ (1 in cond. nd)} = 12.39 \text{ (-)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi) \text{ (} 2 + \pi \text{ in cond. nd)} = 22.93 \text{ (-)}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi) \text{ (0 in cond. nd)} = 13.30 \text{ (-)}$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.39 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.33 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^{m+1} = 0.24 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 188.69 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 1.18 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 92 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

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

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

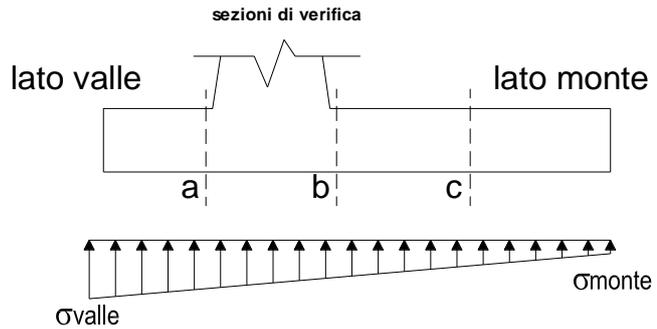
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.71 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
statico	367.26	166.26	212.18	17.35

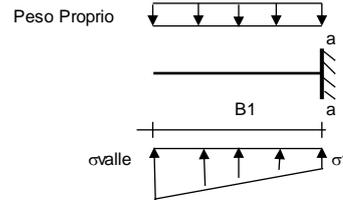


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 20.00 (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} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	M_a [kNm]	T_a [kN]
statico	212.18	181.74	22.75	88.48



Mensola Lato Monte

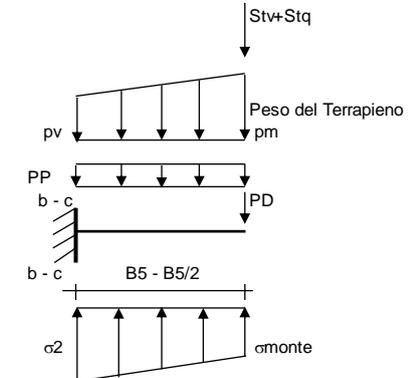
PP = 20.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 89.00 (kN/m²)
 pvb = 89.00 (kN/m²)
 pvc = 89.00 (kN/m²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^5 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5 - Bd^2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B^5/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B^5/2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B^5/2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_{2b} [kN/m ²]	M_b [kNm]	σ_{2c} [kN/m ²]	M_c [kNm]	T_b [kN]
statico	17.35	130.29	-184.00	73.82	-76.87	-114.36



2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

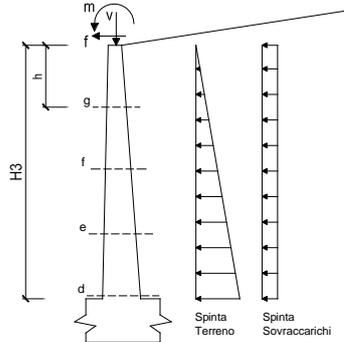
MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	93 di 111

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	1.36	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)						<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $bm = var$	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0933	(-)	0.349		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0466	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.35	(-)			
	componente orizzontale	kah	=	0.316	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.15	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.41	(-)	0.414		
	componente orizzontale	kash+	=	0.37	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.18	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.42	(-)	0.421			
componente orizzontale	kash-	=	0.38	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.18	(-)				

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

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

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

$$M_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	62.57	54.84	0.00	117.41
e-e	3.34	35.20	41.13	0.00	76.33
f-f	2.23	15.64	27.42	0.00	43.06
g-g	1.11	3.91	13.71	0.00	17.62

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	92.82	122.02	0.00	214.83	29.48	25.83	0.00	69.25	124.56
e-e	3.34	39.16	68.63	0.00	107.79	16.58	19.38	0.00	47.30	83.25
f-f	2.23	11.60	30.50	0.00	42.11	7.37	12.92	0.00	28.44	48.72
g-g	1.11	1.45	7.63	0.00	9.08	1.84	6.46	0.00	12.67	20.97

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

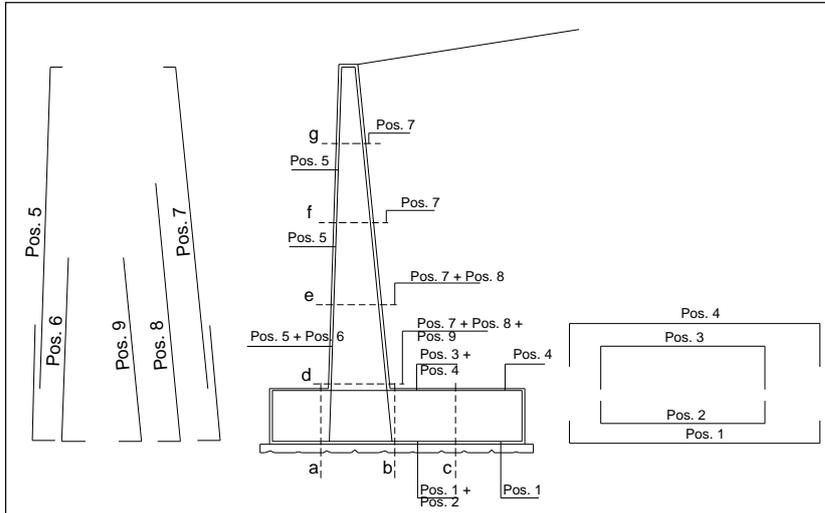
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 94 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

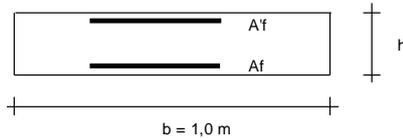


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
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	22.75	0.00	88.48	0.80	10.05	15.71	286.85	0.00	202.33
b - b	-184.00	0.00	-114.36	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
c - c	-76.87	0.00	117.41	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
d - d	214.83	124.56	76.33	0.85	15.71	5.65	510.45	124.56	260.29
e - e	107.79	83.25	43.06	0.73	15.71	5.65	422.43	83.25	236.30

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	95 di 111

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
SPU							γ_R	γ_R	γ_R	
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	EQU+M2+R2	1.10	1.50	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'	=	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-paramento	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'	=	23.83	(°)		
	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 Posata della Fondazione	H2'	=	1.30	(m)		
Coefficienti di Spinta	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(m)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.367	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.374	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.356	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213	
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.199		

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	45.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	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 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	44.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	24.75	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	133.25	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	165.10	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	19.80	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	184.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	31.15	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	25.95	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	102.40	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	159.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	375.18	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	23.70	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	398.88	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	96 di 111

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

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 92.78 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 72.30 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 87.45 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 68.14 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 30.99 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 24.15 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 153.04 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 99.18 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 178.88 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 77.28 \text{ (kNm)}$$

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

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)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 678.99 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 331.92 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.05 \text{ (-)} > 1$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	97 di 111

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti	temporane e variabili	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
			sfavorevoli	sfavorevoli				γ_R	γ_R	γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	⊗	Sismica	1.00	0.20	1.25	1.25	1.40	1.20	1.00	1.20
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'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ϵ	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	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'	=	23.83	(°)	
	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 Posa della Fondazione	H2'	=	1.30	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	5.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.367
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.36	(-)	2.356
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.21	(-)	2.213
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.20	(-)	2.199

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	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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 44.50 & \text{(kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 24.75 & \text{(kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 64.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 133.25 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 165.10 & \text{(kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 19.80 & \text{(kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 184.90 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3) &= & 31.15 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 25.95 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 102.40 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 159.50 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5) &= & 375.18 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5)) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4) &= & 23.70 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 398.88 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	98 di 111

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1 + kv) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd)^2 \cdot kas^+ = 105.97 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq1 = qs \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd) \cdot kas^+ = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 99.88 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 35.40 \quad (\text{kN/m})$$

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

- 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 +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd) / 3 - Hd) = 174.79 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 113.27 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd) / 2 - Hd) = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

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

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

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 12.43 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 17.25 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = Pt \cdot kv = 8.62 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H_2 + H_3 / 3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H_2 + H_3 / 2) = 12.56 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H_2 + H_3 / 3) = 5.27 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H_2 / 2) = 2.39 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 20.22 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H_2 + H_3 / 2) - (B - B_5 / 2) \cdot 0.5) = 29.09 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts2 = kh \cdot Pt2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 / 3) - (B - B_5 / 3) \cdot 0.5) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2 / 3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2 / 3 \cdot B_4) \cdot 0.5) = 5.51 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 34.60 \quad (\text{kNm/m})$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	99 di 111

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	362.17	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	129.56	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \phi_1'$	=	0.44	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.23	(-)	>	1			

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	671.65	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	229.61	(kNm/m)					
$F_r = M_s / M_r$	=	2.93	(-)	>	1			

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	362.17	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	129.56	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	442.04	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	137.44	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

c_1'	coesione terreno di fondaz.	=	0.00	(kN/mq)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	26.41	(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	24.70	(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	=	0.38	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	2.44	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	12.39	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi)$	(2+ π in cond. nd)	=	22.93	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	13.30	(-)

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)	=	0.41	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.36	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^{m+1}$		=	0.26	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	=	207.97	(kN/m ²)
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	1.40	(-)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	100 di 111

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$Sst2 = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1 - kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas = 98.29 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 92.65 \text{ (kN/m)}$$

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

- Componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 32.83 \text{ (kN/m)}$$

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

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

$$MSst1 = Sst2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 162.13 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 105.07 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

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

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

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 12.43 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Pts_h = Pt \cdot kh = 17.25 \text{ (kN/m)}$$

$$Pts_v = Pt \cdot kv = -8.62 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) = 12.56 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) = 5.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) = 2.39 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 20.22 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) + (B - B5 / 3) \cdot 0.5) = 64.08 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2 / 3) + (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 8.41 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 72.49 \text{ (kNm/m)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0120	REL	01	B	101 di 111

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	342.36	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	122.33	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \phi_1'$	=	0.44	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.24	(-)	>	1			

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	663.44	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	254.84	(kNm/m)					
$F_r = M_s / M_r$	=	2.60	(-)	>	1			

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	342.36	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	122.33	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	408.60	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	139.17	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

c_1'	coesione terreno di fondaz.	=	0.00	(kN/mq)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	26.41	(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H^2$	sovraccarico stabilizzante	=	24.70	(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	=	0.41	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	2.39	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	12.39	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$	($2 + \pi$ in cond. nd)	=	22.93	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	(0 in cond. nd)	=	13.30	(-)

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)	=	0.41	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.36	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cot \phi))^{m+1}$		=	0.27	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	=	206.49	(kN/m ²)
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	1.44	(-)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 102 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

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

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

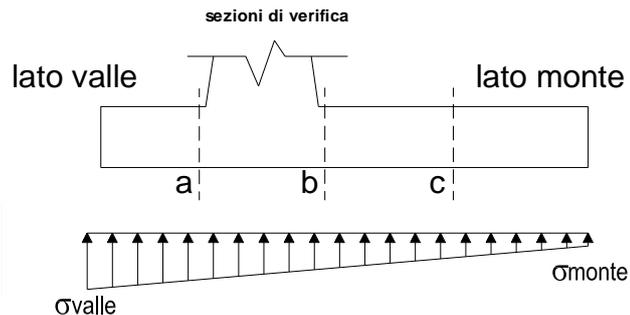
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.71 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
sisma+	362.17	137.44	193.71	32.65
sisma-	342.36	139.17	188.53	25.44

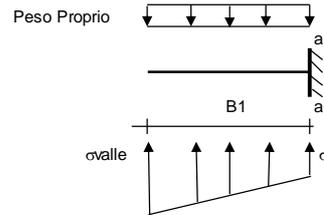


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 20.00 (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} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	M_a [kNm]	T_a [kN]
sisma+	193.71	168.54	20.55	80.10
sisma-	188.53	163.05	20.12	76.24



Mensola Lato Monte

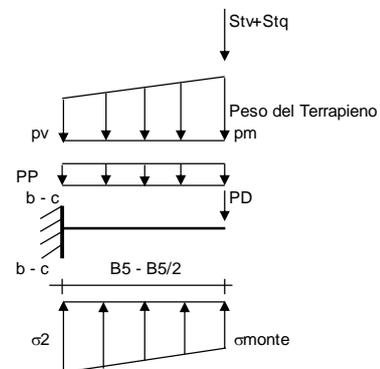
PP = 20.00 (kN/m²)
 PD = 0.00 (kN/m)
 peso proprio soletta fondazione
 peso proprio dente

pm = 89.00 (kN/m²)
 pvb = 89.00 (kN/m²)
 pvc = 89.00 (kN/m²)

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_{2b} [kN/m ²]	M_b [kNm]	σ_{2c} [kN/m ²]	M_c [kNm]	T_b [kN]
sisma+	32.65	126.01	-152.23	79.33	-61.16	-99.86
sisma-	25.44	119.98	-141.70	72.71	-57.43	-90.72



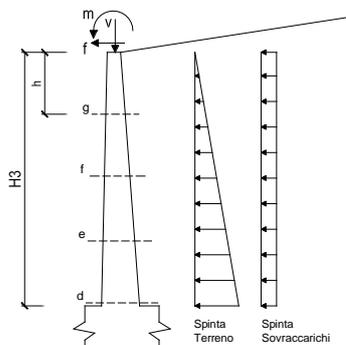
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 103 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	a_y/g	=	0.22	(-)	S	1.36	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	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	=	0.0933	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0466	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.35	(-)	0.349		
	componente orizzontale	kah	=	0.316	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.15	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.41	(-)	0.414		
	componente orizzontale	kash+	=	0.37	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.18	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.42	(-)	0.421		
componente orizzontale	kash-	=	0.38	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.18	(-)				

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

condizione sismica +

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{inerzia}	T _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
d-d	4.45	77.54	0.00	0.00	6.46	84.00
e-e	3.34	43.62	0.00	0.00	4.41	48.03
f-f	2.23	19.39	0.00	0.00	2.65	22.04
g-g	1.11	4.85	0.00	0.00	1.18	6.03

condizione sismica +

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	172.53	0.00	0.00	12.66	185.19	36.53	0.00	0.00	72.48	109.01
e-e	3.34	72.79	0.00	0.00	6.64	79.43	20.55	0.00	0.00	49.50	70.05
f-f	2.23	21.57	0.00	0.00	2.74	24.30	9.13	0.00	0.00	29.76	38.90
g-g	1.11	2.70	0.00	0.00	0.63	3.33	2.28	0.00	0.00	13.26	15.55

condizione sismica -

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	159.85	0.00	0.00	12.66	172.51	33.84	0.00	0.00	66.02	99.87
e-e	3.34	67.44	0.00	0.00	6.64	74.08	19.04	0.00	0.00	45.09	64.13
f-f	2.23	19.98	0.00	0.00	2.74	22.72	8.46	0.00	0.00	27.11	35.57
g-g	1.11	2.50	0.00	0.00	0.63	3.13	2.12	0.00	0.00	12.08	14.20

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

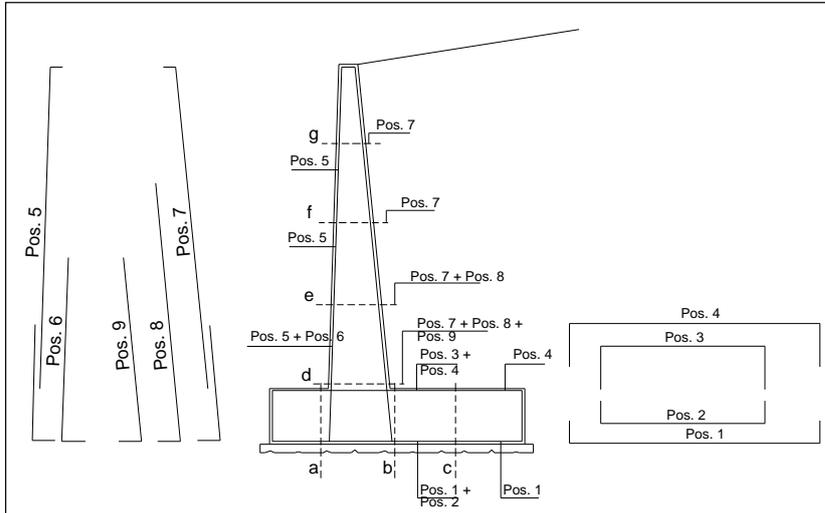
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 104 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

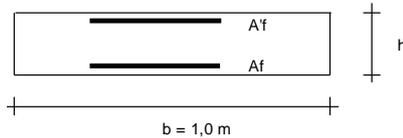


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-6-7-8-9
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	20.55	0.00	60.29	0.80	10.05	15.71	286.85	0.00	202.33
b - b	-152.23	0.00	-59.93	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
c - c	-61.16	0.00	6.46	0.80	15.71	10.05	437.37	0.00	234.78
d - d	185.19	109.01	4.41	0.85	15.71	5.65	504.81	109.01	260.29
e - e	79.43	70.05	2.65	0.73	15.71	5.65	418.36	70.05	236.30

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 105 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti	temporane e variabili	tan φ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
			sfavorevoli	sfavorevoli				γ_R	γ_R	γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	EQU+M2	1.10	1.50	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.	●	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 Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ_1'	=	28.90	(°)	
	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 Posizione della Fondazione	H2'	=	1.30	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	5.00	(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-	=	0.30	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.87	(-)	2.871
	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	=	10.00	(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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 44.50 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 24.75 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 64.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 133.25 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 165.10 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 19.80 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 184.90 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3) &= & 31.15 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 25.95 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 102.40 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 159.50 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5) &= & 375.18 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4) &= & 23.70 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 398.88 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

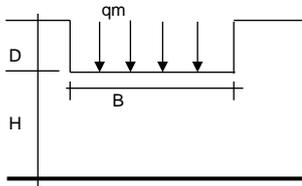
OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 106 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	1.30	(m)
	D/B*	0.48	(m)
	H/B*	2.34	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^*$	131.89	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.939	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.73	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	3.10	(mm)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 107 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	44.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	24.75	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	133.25	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	165.10	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	19.80	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	184.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	31.15	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	25.95	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	102.40	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	159.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	375.18	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	23.70	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	398.88	(kNm/m)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

MURO IN C.A. SU NV0+690

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 108 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 67.37 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 38.49 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 61.85 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 35.34 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 26.69 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 15.25 \quad (\text{kN/m})$$

Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 108.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 85.42 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 92.78 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 48.81 \quad (\text{kN/m})$$

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

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 360.10 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 692.61 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 201.01 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 491.60 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 109 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLI STATICI

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 \cdot R_{ck})^{2/3} = 2.56$ (MPa)
 coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)
 c = 6.20 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)
 $c_{min} = 2.00$ (cm)

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

Acciaio

tipo di acciaio B450C
 $f_{yk} = 450$ (MPa)
 $E_s = 210000$ (MPa)

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

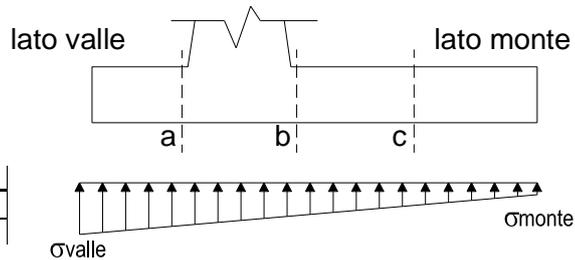
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = b \cdot h = 3.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 1.71 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	360.10	84.56	162.08	62.98

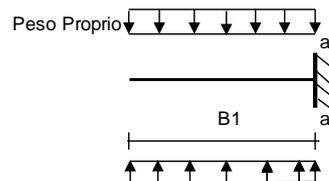


Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 20.00 (kN/m) peso proprio soletta fondazione

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

caso	σ_{valle}	σ_1	Ma
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]
statico	162.08	146.60	17.11



Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 20.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 89.00 (kN/m²)

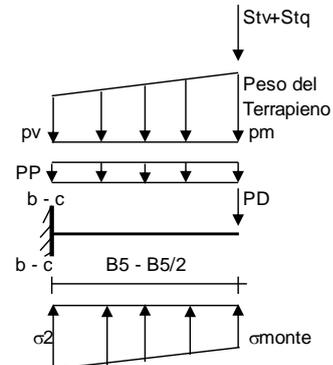
pvb = 89.00 (kN/m²)

pvc = 89.00 (kN/m²)

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

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

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	Mb	σ_{2c}	Mc
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]
statico	62.98	120.43	-124.04	91.71	-54.58



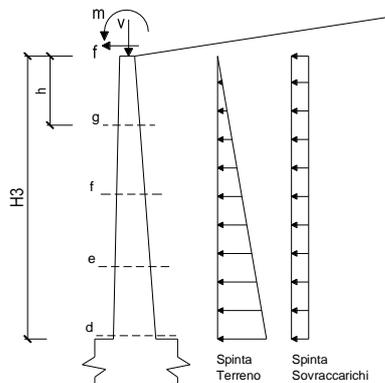
2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 110 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.22	(-)	S = 1.36
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var.		
	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.0933	(-)	
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.0466	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	k_a	=	0.29	(-)	0.287
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.25	(-)	
	componente verticale	k_{av}	=	0.14	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.35	(-)	0.345
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.30	(-)	
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.17	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.35	(-)	0.352	
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.31	(-)		
componente verticale	k_{asv-}	=	0.17	(-)		

condizione statica

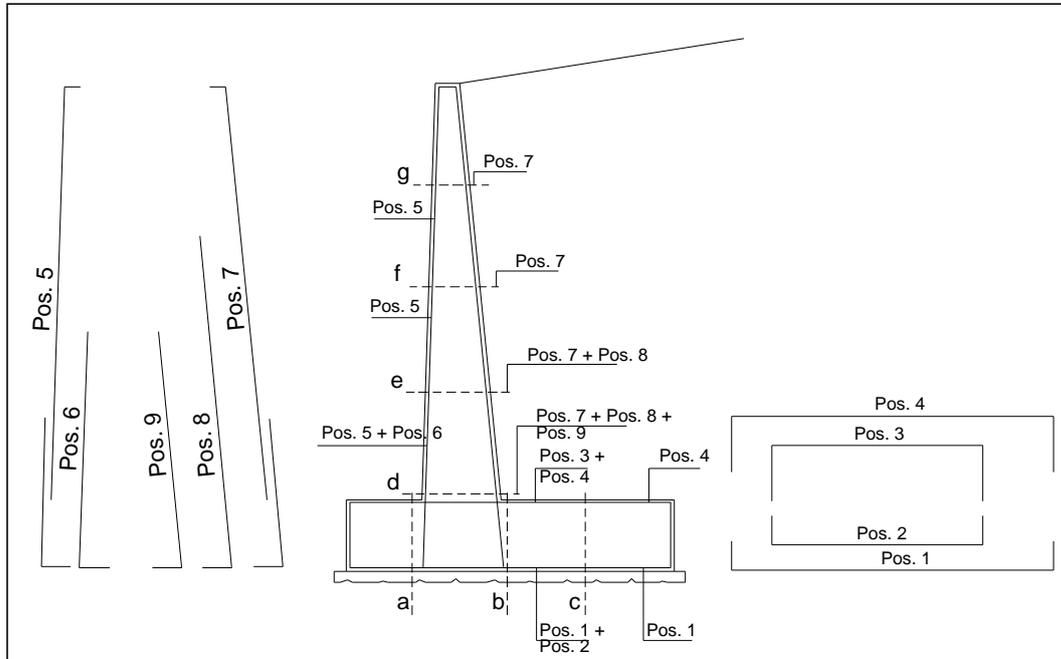
sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	73.75	74.58	0.00	148.34	27.62	18.62	0.00	69.25	115.50
e-e	3.34	31.12	41.95	0.00	73.07	15.54	13.97	0.00	47.30	76.80
f-f	2.23	9.22	18.65	0.00	27.87	6.91	9.31	0.00	28.44	44.66
g-g	1.11	1.15	4.66	0.00	5.81	1.73	4.66	0.00	12.67	19.05

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia
 OPERE D'ARTE MINORI
 MURO IN C.A. SU NV0+690
 Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0120	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. B	Pag. di Pag. 111 di 111
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

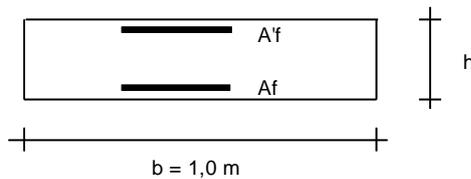


ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE



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

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ _c	σ _f	w _k	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	17.11	0.00	0.80	10.05	15.71	0.33	24.56	0.034	0.200
b - b	-124.04	0.00	0.80	15.71	10.05	2.07	115.32	0.152	0.200
c - c	-54.58	0.00	0.80	15.71	10.05	0.91	50.75	0.067	0.200
d - d	148.34	115.50	0.85	15.71	5.65	2.38	96.14	0.123	0.200
e - e	73.07	76.80	0.73	15.71	5.65	1.50	52.63	0.063	0.200