

## 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:   <b>DIRPA 2</b> s.c.a.r.l.	Il Responsabile del Contraente Generale:
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

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

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

<b>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia  <b>OPERE D'ARTE MINORI</b> Muro di sottoscarpa rampa di svincolo Camerino Nord Relazione tecnica e di calcolo	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 0 3 8	R E L	0 1	F

Rev.	Data	Descrizione	Redatto		Controllato	Approvato
D	20.01.2022	Riscontro Istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani	S. Lieto
E	Maggio 2022	Riscontro Istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani	S. Lieto
F	28.07.2022	Riscontro Istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani	S. Lieto

## I N D I C E

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1 UNITÀ DI MISURA .....	3
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
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
<b>5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>12</b>
<b>6. MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>15</b>
<b>7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....</b>	<b>16</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI .....</b>	<b>18</b>
8.1 VERIFICA SLE .....	18
8.1.1 Verifiche delle tensioni .....	18
8.1.2 Verifiche a fessurazione .....	18
8.2 VERIFICHE ALLO SLU .....	20
8.2.1 Pressoflessione .....	20
8.2.2 Taglio .....	21
<b>9. MURI DI SOSTEGNO .....</b>	<b>24</b>
<b>10. VERIFICA AGLI STATI LIMITI .....</b>	<b>26</b>
10.1 STATO LIMITE ULTIMO E DI SALVAGUARDIA DELLA VITA .....	28
10.2 STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	29
<b>11. VERIFICHE .....</b>	<b>31</b>
11.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO .....	31
11.2 VERIFICA A SCORRIMENTO .....	31
11.3 VERIFICA A CARICO LIMITE .....	31
11.4 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	32
11.4.1 Verifiche per gli stati limite ultimi .....	32
11.4.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....	33
11.4.3 Verifica agli stati limite d'esercizio .....	34
11.4.4 Metodo di analisi - calcolo muro .....	35
11.4.4.1 Descrizione modello di calcolo .....	35
11.5 ANALISI DEI CARICHI .....	36
11.5.1 Pesi propri .....	36
11.5.2 Spinta del terreno .....	36
11.5.3 Spinta passiva e peso del terreno sulla ciabatta di fondazione di valle .....	36
11.5.4 Sovraccarichi accidentali .....	36
11.5.5 Sovraccarico equivalente al terreno inclinato a tergo del muro .....	37
11.5.6 Valutazione dell'azione sismica .....	38
<b>12. ANALISI DEI MURI .....</b>	<b>41</b>

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 2 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

12.1	SCHEMA DI CALCOLO .....	41
12.2	RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE .....	42
12.2.1	Sezione H1 = 3.60 m .....	42
12.2.2	Sezione H1 = 6.00 m .....	42
12.2.3	Sezione H1 = 6.30 m .....	43
12.3	RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI .....	44
12.3.1	Sezione H= 3.60 m .....	45
12.3.2	Sezione H= 6.00 m .....	48
12.3.3	Sezione H= 6.30 m .....	51
<b>ALLEGATO 1</b>	<b>.....</b>	<b>55</b>
	<b>TABULATI DI CALCOLO DEI MURI .....</b>	<b>55</b>
1.1	TABULATI MURO SEZIONE H= 3.60 M .....	56
1.2	TABULATI MURO SEZIONE H= 6.00 M .....	80
1.3	TABULATI MURO SEZIONE H= 6.30 M .....	108

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 3 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

## 1. PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto di Dettaglio della strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Valnerina e "S.S.77" Val di Chienti, relativamente agli stralci funzionali n°3 (Svincolo di Castelraimondo nord – Svincolo di Castelraimondo sud) e n°4 (Svincolo di Castelraimondo sud - innesto con la S.S. 77 a Muccia)

Nell'ambito dei lavori di realizzazione dello svincolo Camerino Nord si è reso necessario realizzare dei muri di sostegno.

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/m<sup>2</sup>, kN/m<sup>3</sup>
- per le azioni di calcolo  $\Rightarrow$  kN, kNm
- per le tensioni  $\Rightarrow$  MPa

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

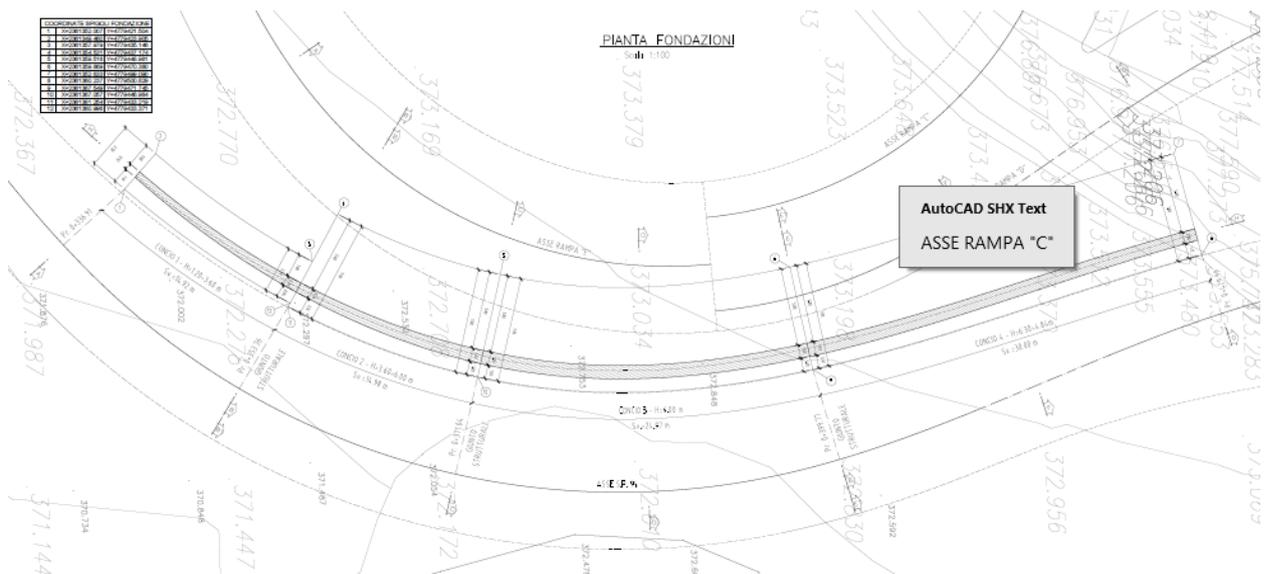
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

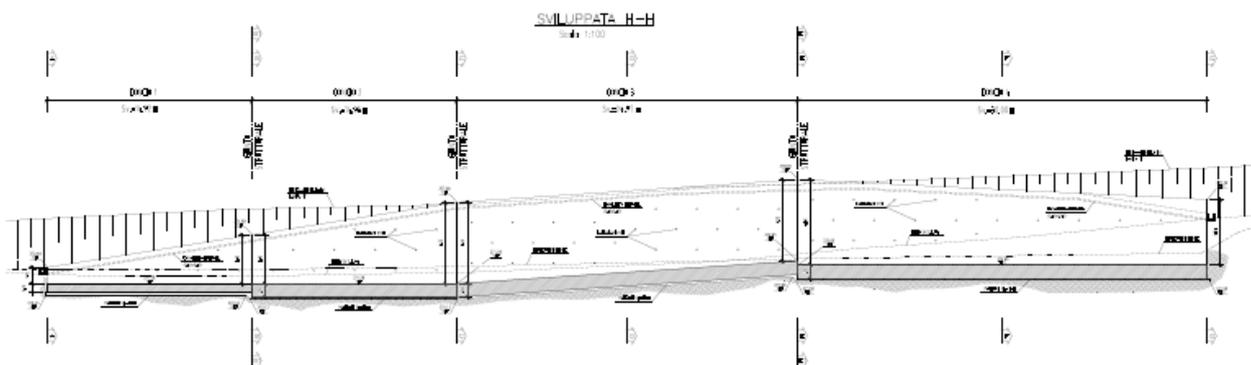
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	4 di 131

## 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Come detto in precedenza il muro di sostegno viene realizzato sullo svincolo Camerino Nord, nel seguito sono riportate la disposizione in pianta e le principali caratteristiche geometriche:



Pianta fondazione



Sezione longitudinale

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

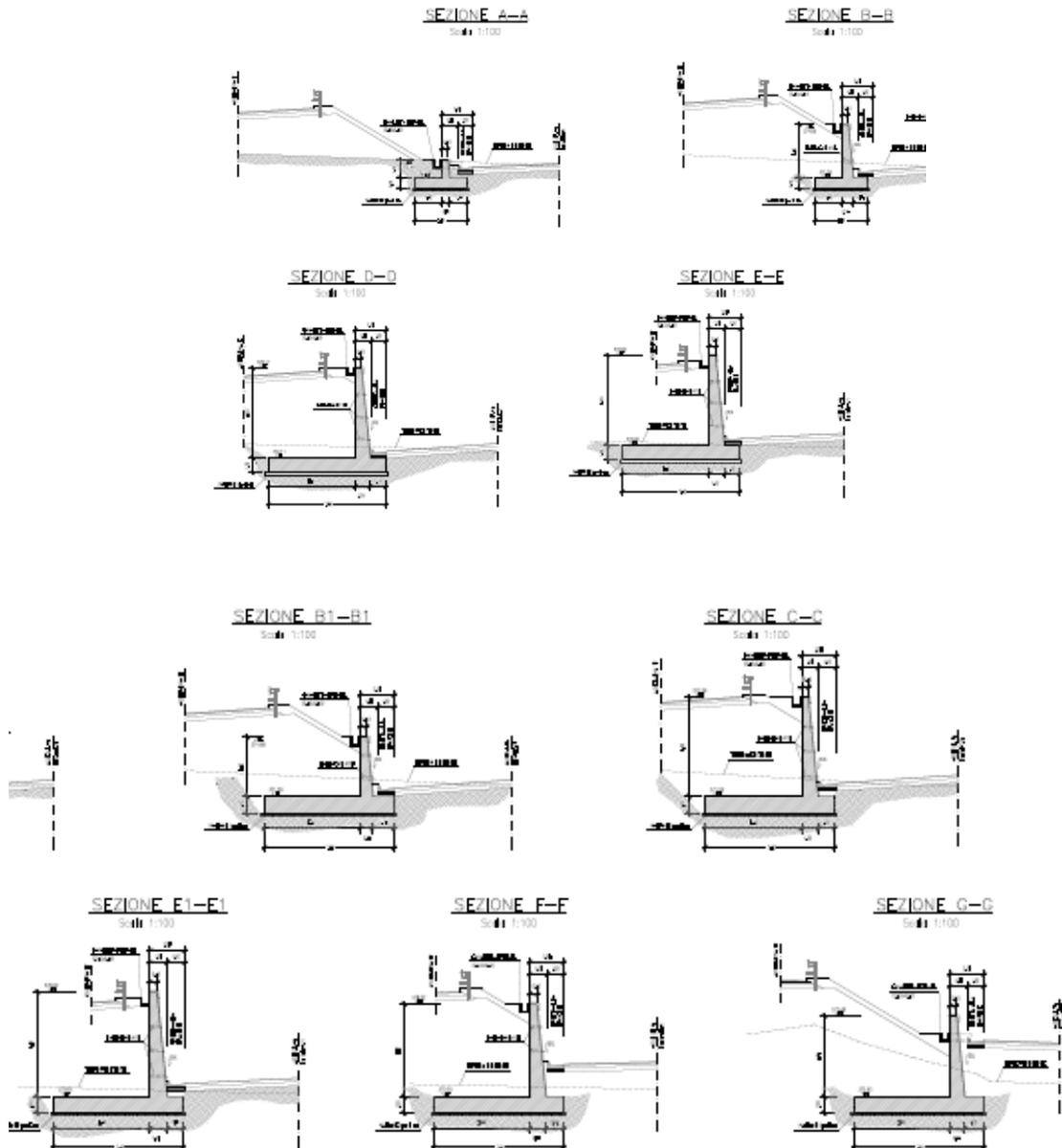
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 5 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



### Sezioni trasversali

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici specifici.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 6 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

## 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 riportan le relative caratteristiche meccaniche valutate in accordo a quanto prescritto ai parg. 4.1.2.1 e 11.2.10 del DM 14.01.08:

Classe di Resistenza

32/40

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$R_{ck} = 40$  MPa

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$f_{ck} = 33.2$  MPa (0,83\*R<sub>ck</sub>)

Resistenza a compressione cilindrica media:

$f_{cm} = 41.2$  MPa (f<sub>ck</sub>+8)

Resistenza a trazione assiale:

$f_{ctm} = 3.10$  MPa Valore medio

$f_{ctk,0,05} = 2.17$  MPa Valore caratteristico frattile 5%

Resistenza a trazione per flessione:

$f_{ctm} = 3.7$  MPa Valore medio

$f_{ctk,0,05} = 2.6$  MPa Valore caratteristico frattile 5%

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$\gamma_c = 1.5$

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

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$f_{cd} = 18.8$  MPa (0,85\*f<sub>ck</sub>/γ<sub>s</sub>)

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$f_{ctd} = 1.45$  MPa (f<sub>ctk,0,05</sub> / γ<sub>s</sub>)

Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:

$f_{ctd} = 1.74$  MPa 1,2\*f<sub>ctd</sub>

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

Modulo di elasticità secante:

$E_{cm} = 33643$  MPa

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 8 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

**Modulo di Poisson:**

$\nu =$

□

**Coefficiente di dilatazione lineare**

$\alpha =$   °C<sup>-1</sup>

**Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo**

$\eta =$  1.00

$f_{bd} =$   MPa (2,25\*f<sub>ctk</sub>\*η/γ<sub>s</sub>)

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**

$\sigma_{\text{cmax QP}} =$  (0,45 f<sub>ck</sub>) =  MPa (Combinazione di Carico Quasi Permanente)

$\sigma_{\text{cmax R}} =$  (0,60 f<sub>ck</sub>) =  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<sub>ck</sub>)

**Resistenza a compressione cilindrica media:**

$f_{cm} =$  32,9 MPa (f<sub>ck</sub>+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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 9 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------

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

**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.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 10 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### 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 :*

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 11 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 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, alla carta geologica tav. 3 di 4 doc. 02-GE000PLA03 e nel Profilo Geotecnico Generale di Progetto TAV. 6 DI 8 doc. 02-GE0001PRF06, da cui si evince che le formazioni più superficiali che interagiscono con le fondazioni dei muri di sostegno, sono generalmente costituite dalle unità geotecniche **Ala, Ag e Salt**, di cui nel seguito si riepilogano i parametri fisico-meccanici attribuiti sulla scorta dei risultati delle indagini effettuate:

### Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 23 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 14^\circ \div 21^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 50 \div 220 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 20 \div 160 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 60 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

### Unità Ecls - Depositi eluvio colluviali sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 30 \div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_o = 250 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

### Unità a – Coltri in frana

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 22 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 18^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 20 \div 120 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 60 \div 300 \text{ MPa}$	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 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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 13 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

$E_o = 150\div 350$  MPa      modulo di deformazione elastico iniziale

### Unità Ag - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi

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

### Unità Aate - Depositi alluvionali terrazzati antichi limoso sabbiosi argillosi

$\gamma = 19.0$  kN/m<sup>3</sup>      peso di volume naturale  
 $\phi' = 27\div 36^\circ$       angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 5\div 15$  kPa      coesione drenata  
 $\phi_r' = 26^\circ$       angolo di resistenza al taglio residuo  
 $c_r' = 0$  kPa      coesione drenata residua  
 $c_u = 70\div 170$  kPa      resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $G_o = 30\div 260$  MPa      modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 80\div 600$  MPa      modulo di deformazione elastico iniziale

### Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

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

### Unità Ap – substrato arenaceo pelitico

$\gamma = 23.5$  kN/m<sup>3</sup>      peso di volume naturale  
 $E'_{op} = 20+5.75\cdot z$  MPa per  $z < 40$ m      modulo di deformazione elastico operativo  
 $E'_{op} = 100+3.75\cdot z$  MPa per  $z > 40$ m

Z [m]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
15	70÷100	36
25	100÷150	32÷36
50	150÷200	27÷32
75	200÷250	25÷30

### Unità Pa – Substrato pelitico arenaceo

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

Z [m]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
-------	------------	-------------

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 14 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

20	35÷80	23÷31
30	80÷120	22÷28
50	120÷150	20÷26

#### Unità Sch – Formazione dello Schlier

$$\gamma = 22.0 \div 24.0 \text{ kN/m}^3$$

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]	$\phi'$ [°]
20	55÷70	29÷33
30	70÷90	27÷31
50	90÷250	25÷30

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 15 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 6. MODELLO GEOTECNICO

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

**Tabella 6.1 – Stratigrafia di riferimento MU38**

Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	Descrizione	Tipo di sottosuolo
Ala	0 ÷ 4	Depositi Eluvio colluviali limoso argillosi	C
Ag	4 ÷ 12	Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi	
Salt	>12	Substrato alterato argilloso limoso	

**Falda:** La falda è riscontrata a profondità variabili. Nelle analisi si assume cautelativamente un livello di **falda posta a circa 9.50 m da piano campagna (vedi tav. L0703213E02GE0001PRF06 - Profilo geotecnico - Tav. 6 di 8).**

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

**Tabella 6.2 – Parametri geotecnici**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
Ala	19.0	25	2.5
Ag	19	39	0
Salt	20	27	10

$\gamma$  = peso dell'unità di volume

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

$c'$  = coesione drenata

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

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

$\phi=35^\circ$                                       Angolo di attrito;

$c=0$                                               Coesione.

## 7. 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 (Comune di Camerino) 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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 17 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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.

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

### 8.1 VERIFICA SLE

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

#### 8.1.1 Verifiche delle tensioni

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

#### CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE C32/40

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

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

#### CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE C25/30

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

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

#### ACCIAIO

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

#### 8.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 19 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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:  $w \leq 0.2 \text{ mm}$

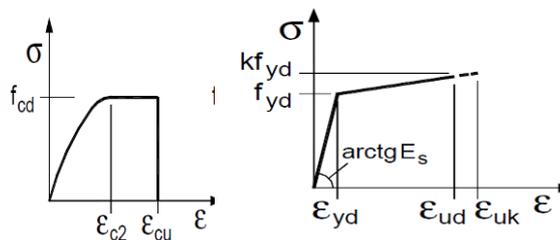
Combinazione Frequente:  $w \leq 0.3 \text{ mm}$

Infine, riguardo 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.

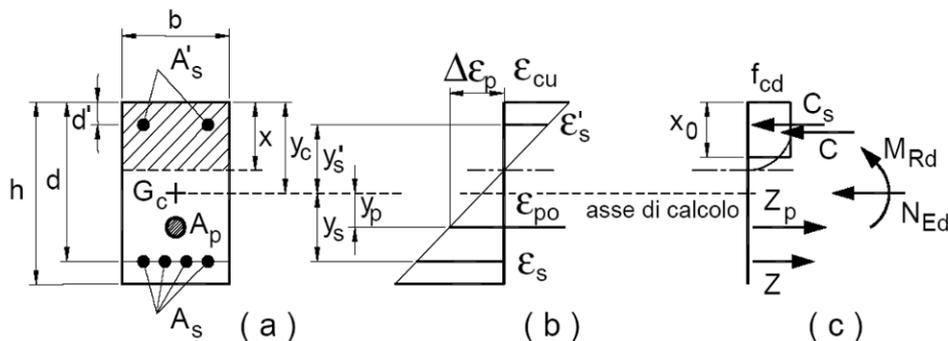
## 8.2 VERIFICHE ALLO SLU

### 8.2.1 Pressoflessione

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



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



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

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 21 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

#### 8.2.2 Taglio

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

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

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  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

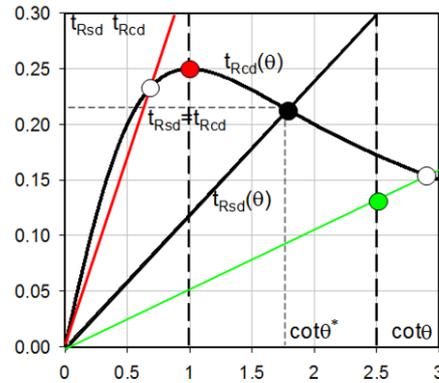
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 22 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------



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

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

(  $\theta^*$  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

$\alpha_c$	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 $0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

$\omega_{sw}$  : 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  $\cot \theta = 1,0$ .



**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud**

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 23 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	24 di 131

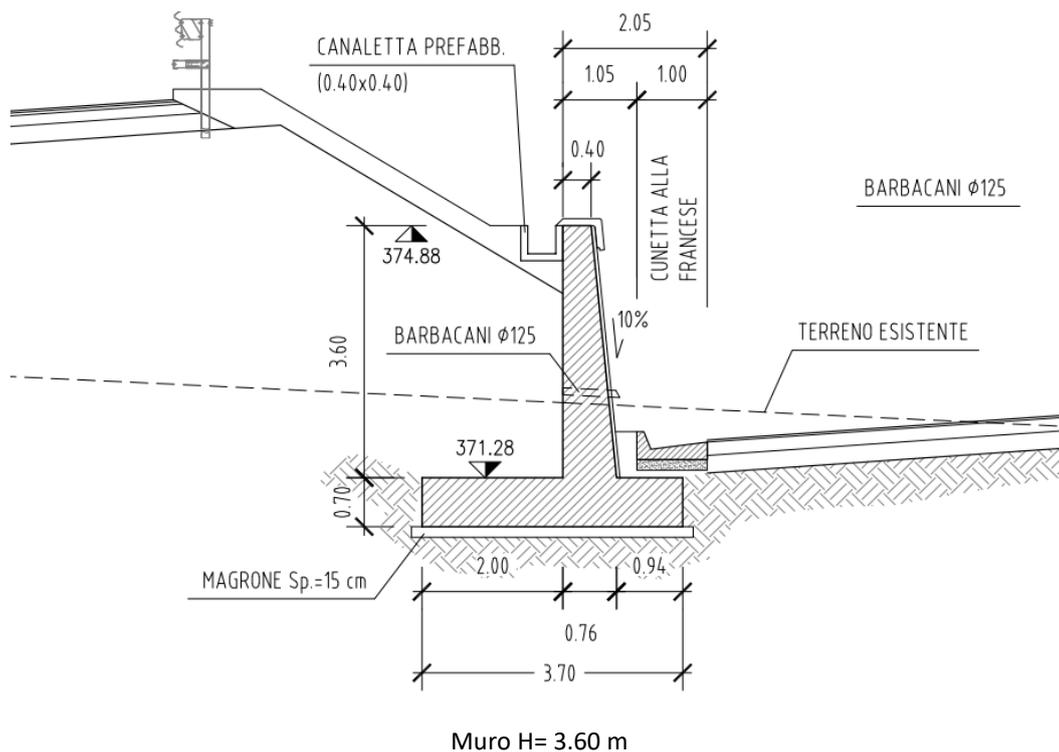
## 9. MURI DI SOSTEGNO

Di seguito si riportano i calcoli e le verifiche dei muri di sostegno dell'opera in oggetto. Come detto in premessa, il muro in oggetto è suddiviso in 4 conci alcuni di altezza costante ed altri di altezza variabile.

Per le verifiche si assumeranno altezze di calcolo costante, quindi per i muri di altezza variabile si assumerà l'altezza massima del concio:

H = 3.60 m	- Concio n°1
H=6.00 m	- Conci n° 2-3
H=6.30 m	- Conci n° 4

Di seguito si riportano le dimensioni geometriche dei muri oggetto di studio:



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

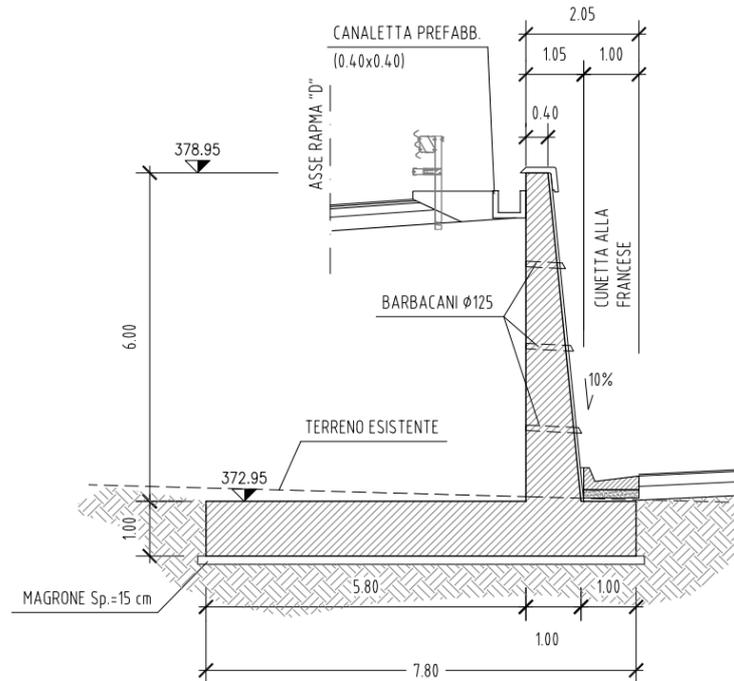
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

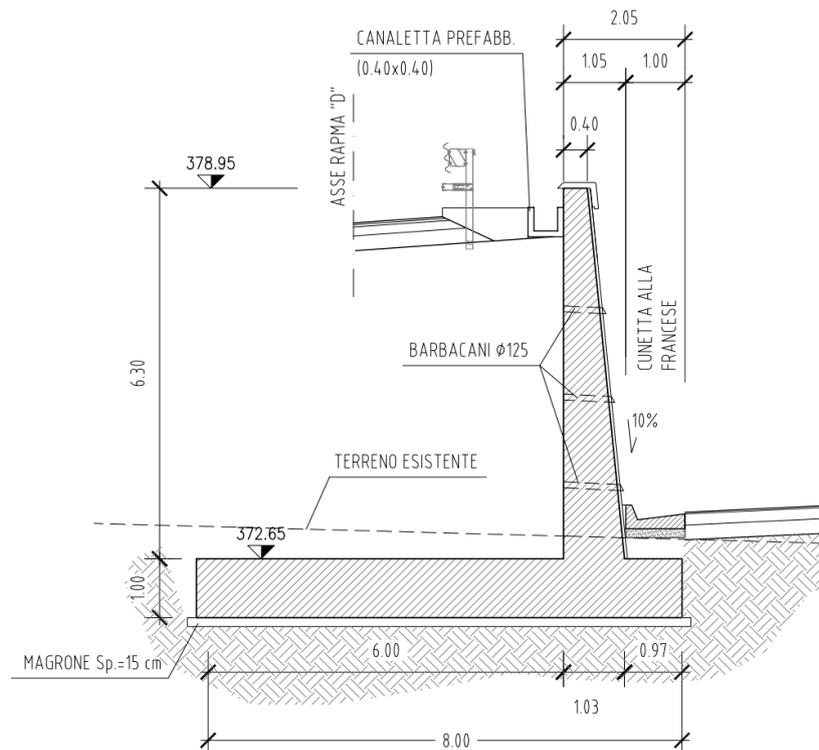
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di	Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	25 di	131



Muro  $H_{\text{calcolo}} = 6.00$  m



Muro  $H_{\text{calcolo}} = 6.30$  m

## 10. 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 devono essere effettuate prevedendo, per le combinazioni di coefficienti, almeno uno dei seguenti approcci:

### Approccio 1

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

### Approccio 2

- A1+M1+R3

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 sostegno di limitata altezza tali verifiche sono state omesse.

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.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 27 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando almeno uno dei due approcci progettuale riportati in precedenza.

Nel caso in esame è stato adottato l'approccio 2 che prevede la seguente combinazione di coefficienti:

- Approccio 2 : A1+M1+R3

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 $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	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 $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.5.I** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 28 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 10.1 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:

G1 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);

G2 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<sub>ki</sub> 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;

$\psi_{0i}$  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<sub>k1</sub> 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:

E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;

G<sub>1</sub> rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G<sub>2</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P<sub>k</sub> rappresenta pretensione e precompressione;

$\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q<sub>i</sub>;

Q<sub>ki</sub> valore caratteristico dell'azione variabile Q<sub>i</sub>.

I valori dei coefficienti  $\psi_{2i}$  sono riportati nella seguente tabella:

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 29 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Categoria/Azione	$\Psi_{2i}$
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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

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

## 10.2 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;

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

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

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

Ai coefficienti  $\Psi_{1i}$ ,  $\Psi_{2i}$ ,  $\Psi_{2i}$  sono attribuiti i seguenti valori:

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 30 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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 riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente", "Frequente" e "Rara".

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 31 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 11. VERIFICHE

### 11.1 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.

### 11.2 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.

### 11.3 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.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 32 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 11.4 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.

### 11.4.1 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.

Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la coppia (N,

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 33 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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.

#### 11.4.2 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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

•  $A_{sl}$  è l'area dell'armatura tesa;

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

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

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

•  $A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

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

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

•  $s$  è il passo delle staffe;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 34 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

- $f_{ywd}$  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.

#### 11.4.3 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	$w_d$
<b>a</b>	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>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	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,
- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$  -combinazione quasi permanente

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 35 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### 11.4.4 Metodo di analisi - calcolo muro

#### 11.4.4.1 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  $\delta = 0.5\phi'$ .

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  $\phi'_{cv} = \arctan(0.85 \cdot \tan\phi')$ .

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	36 di 131

### 11.5 ANALISI DEI CARICHI

#### 11.5.1 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

#### 11.5.2 Spinta del terreno

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

#### 11.5.3 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.

#### 11.5.4 Sovraccarichi accidentali

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



Schema di carico 1

E più precisamente, ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati  $Q_{ik}$ , in un carico distribuito equivalente come previsto dal DM. 2008 al punto 5.1.3.3.7.1 "Carichi verticali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte" il quale recita:

*"Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre parti del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità, i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,0 m e lunga 2,20 m. In un rilevato correttamente consolidato, si può assumere una diffusione del carico con angolo di 30°."*

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	37 di 131

Pertanto, visto la vicinanza alla sede stradale dei muri di sostegno, a monte si può assumere un sovraccarico pari a:

$$Q_{rip} = 600 / (3.00 * 2.20) + 9.00 = 90.91 \text{ kN/m}^2 \rightarrow Q_{rip} = 100 \text{ kN/m}^2$$

Inoltre, nelle analisi del muro si considera solo la spinta del sovraccarico sul muro di sostegno mentre, in favore di sicurezza, si trascura il contributo stabilizzante dovuto alla parte di sovraccarico gravante direttamente sulla zattera di fondazione.

Pertanto, per i muri da 6.00 m e 6.30 m si è considerato la presenza di un sovraccarico stradale pari a 100 kN/m<sup>2</sup>, mentre per il muro di sottoscarpa da 3.60 m si è considerato un sovraccarico da cantiere pari a 10 kN/m<sup>2</sup> dato la distanza esistente tra l'elevazione del muro e la sede stradale.

#### 11.5.5 Sovraccarico equivalente al terreno inclinato a tergo del muro

Per il muro da 3.60 m il terrapieno al di sopra della testa dei muri di sostegno viene schematizzato come sovraccarico equivalente spalmato come segue all'interno del cuneo di spinta inclinato di 45° - φ'/2 rispetto al verticale:

$$Q_{eq} = A_{\text{terrapieno}} * \gamma / L_{eq} = 3.18 * 20 / 3.73 = 17.00 \text{ kN/m}^2$$

con:

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

- Peso specifico del terreno

$A_{\text{terrapieno}}$

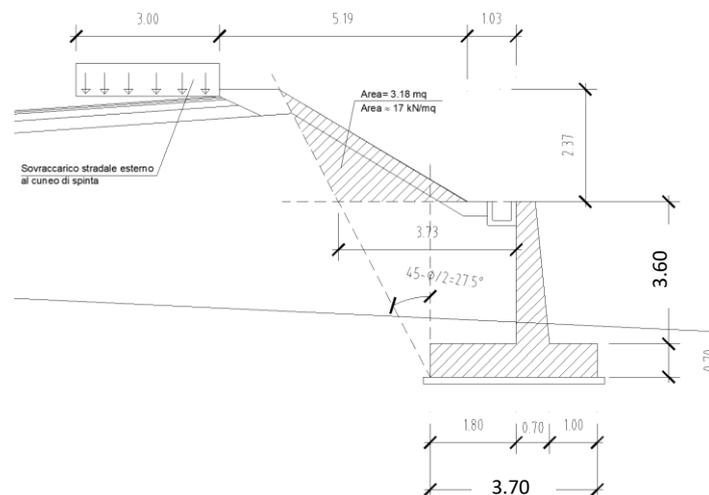
- Area equivalente terrapieno

$L_{eq}$

- Superficie di ripartizione del carico equivalente al terrapieno

$Q_{eq}$

- Sovraccarico permanente equivalente al terrapieno



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 38 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

#### 11.5.6 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 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 (SS) e dell'amplificazione topografica

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 39 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

( $S_T$ ), di cui al §3.2.3.2;

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

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  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
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	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  $\beta_m$  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:

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:

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

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

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

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;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 40 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S<sub>s</sub>) e dell'amplificazione topografica (S<sub>t</sub>).

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):

$$a_g / g = 0.220$$

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:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot a_g = 1.364 \cdot 0.220 \text{ g} = 0.30 \text{ g}$$

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

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

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

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

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.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	41 di 131

## 12. ANALISI DEI MURI

### 12.1 SCHEMA DI CALCOLO

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

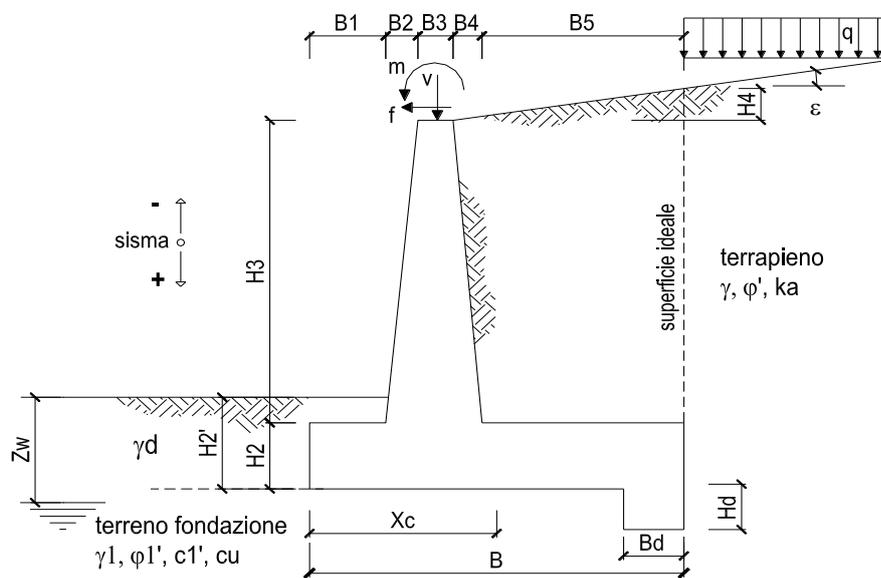


Figura 7 – Schema di calcolo

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 42 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

## 12.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE

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

### 12.2.1 Sezione H1 = 3.60 m

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P<sub>ort,Max</sub></sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	5.62
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P<sub>ort,Max</sub></sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.17	> 1.10	4.09	> 1.10	3.14	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.14	> 1.10	4.39	> 1.10	2.99	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.12	> 1.10	3.63	> 1.10	3.01	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	3.14	> 1.00	-	-	-

### 12.2.2 Sezione H1 = 6.00 m

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P<sub>ort,Max</sub></sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	21.50
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P<sub>ort,Max</sub></sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.12	> 1.10	4.39	> 1.10	2.36	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.78	> 1.10	9.69	> 1.10	4.31	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.75	> 1.10	6.01	> 1.10	4.54	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	3.29	> 1.00	-	-	-

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 43 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

#### 12.2.3 Sezione H1 = 6.30 m

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	Cap.P <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	23.01
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	Cap.P <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.13	> 1.10	4.36	> 1.10	2.31	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.77	> 1.10	9.39	> 1.10	4.20	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.73	> 1.10	5.88	> 1.10	4.36	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	3.28	> 1.00	-	-	-

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

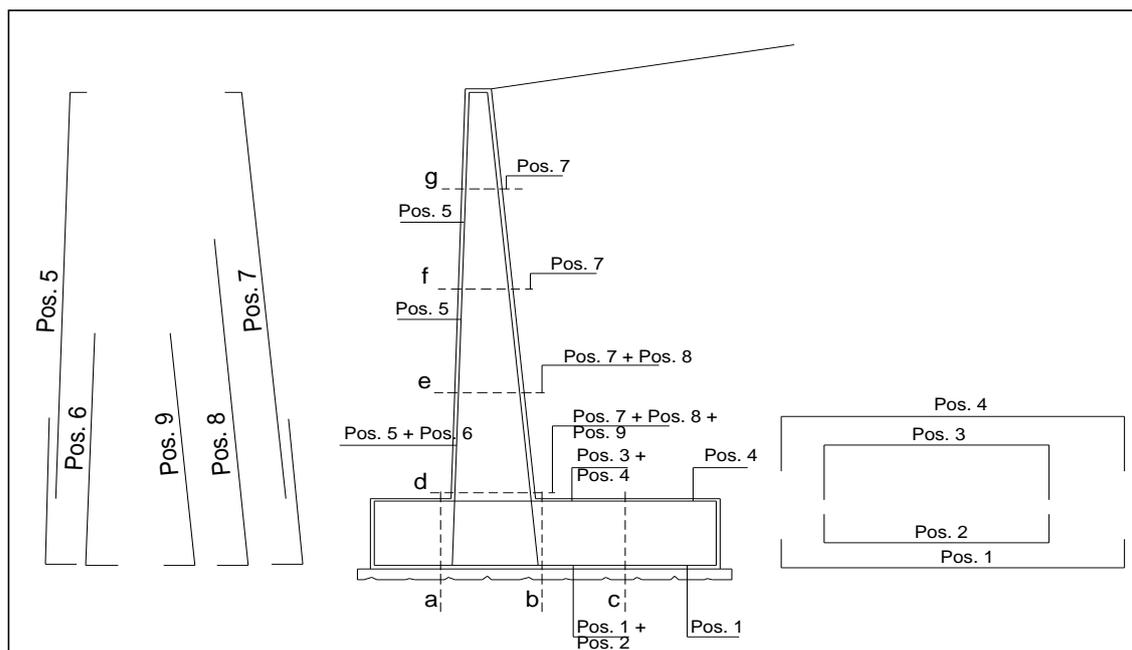
Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	44 di 131

## 12.3 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.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 45 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

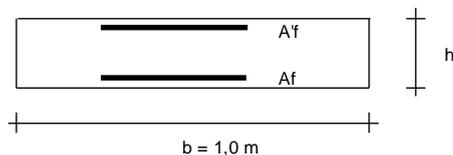
### 12.3.1 Sezione H= 3.60 m

#### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
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+R3

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	31.77	0.00	63.16	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
b - b	-127.51	0.00	-99.38	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
c - c	-47.10	0.00	-49.69	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
d - d	109.06	75.46	73.77	0.76	15.71	7.70	438.38	75.46	239.16
e - e	54.67	51.22	47.91	0.67	15.71	7.70	372.92	51.22	220.85
f - f	21.33	30.56	11.03	0.58	15.71	7.70	310.47	30.56	0.00

#### SISMICA

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	33.14	0.00	50.52	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
b - b	-85.73	0.00	-40.36	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
c - c	-33.64	0.00	-20.18	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
d - d	108.64	72.28	4.86	0.76	15.71	7.70	437.35	72.28	239.16
e - e	51.09	48.75	3.36	0.67	15.71	7.70	372.23	48.75	220.85
f - f	18.25	28.86	0.93	0.58	15.71	7.70	310.07	28.86	0.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 46 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

**SLU (stato limite ultimo azione tagliante)**

### VERIFICA FONDAZIONE

<b>Verifica a taglio sez. a-a</b>			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>218.91</b>	kN	
<b>VEd =</b>	<b>63.16</b>	kN	<b>ok</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.559		$\leq 2$
<b>Rck =</b>	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.340	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00245		$\leq 0,02$
copriferro =	60.00	mm	
d =	640	mm	
H =	700.00	mm	
bw =	1000	mm	
Asl =	1571	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	<b>0.00</b>	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

<b>Verifica a taglio sez. b-b</b>			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>218.91</b>	kN	
<b>VEd =</b>	<b>99.38</b>	kN	<b>ok</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.559		$\leq 2$
<b>Rck =</b>	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.340	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00245		$\leq 0,02$
copriferro =	60.00	mm	
d =	640	mm	
H =	700.00	mm	
bw =	1000	mm	
Asl =	1571	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	<b>0.00</b>	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 47 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### VERIFICA ELEVAZIONE

Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	239.16	kN	
<b>VEd =</b>	<b>73.77 kN</b>	<b>ok</b>	
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.535	$\leq 2$	
$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.332	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00224	$\leq 0,02$	
copri ferro =	60.00	mm	
d =	700	mm	
H =	760.00	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	1571	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	<b>75.46</b>	<b>kN</b>	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.099	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

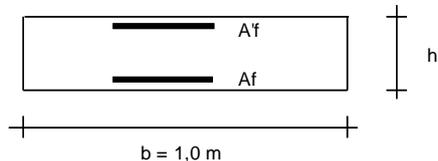
### SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio e fessurazione)

#### ARMATURE

pos	n°/ml	$\phi$	pos	n°/ml	$\phi$
1	5.0	20	5	5.0	14
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	A <sub>f</sub>	A <sub>f'</sub>	$\sigma_c$	$\sigma_f$	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	24.81	0.00	0.70	15.71	15.71	0.50	26.72	0.033	0.200
b - b	-57.45	0.00	0.70	15.71	15.71	1.16	61.88	0.076	0.200
c - c	-24.34	0.00	0.70	15.71	15.71	0.49	26.21	0.032	0.200
d - d	77.57	68.99	0.76	15.71	7.70	1.47	56.05	0.067	0.200
e - e	38.50	46.90	0.67	15.71	7.70	0.91	30.00	0.034	0.200
f - f	14.83	28.04	0.58	15.71	7.70	0.45	11.80	0.012	0.200

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 48 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

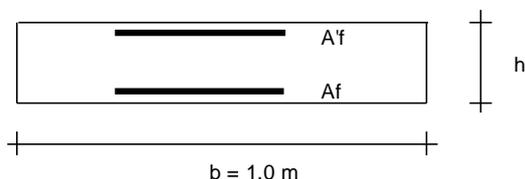
### 12.3.2 Sezione H= 6.00 m

#### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	20
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

#### VERIFICHE



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

#### A1+M1+R3

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	71.39	0.00	141.66	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-1574.97	0.00	-380.37	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-602.24	0.00	-190.19	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	853.48	206.25	321.11	1.00	31.42	7.70	1184.69	206.25	363.11
e - e	449.19	139.75	220.24	0.85	31.42	7.70	962.49	139.75	325.48
f - f	185.91	83.21	59.68	0.70	15.71	7.70	401.51	83.21	0.00

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

#### SISMICA

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	54.63	0.00	117.64	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-480.93	0.00	-129.20	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-184.30	0.00	-64.60	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	346.76	143.69	9.77	1.00	31.42	7.70	1159.00	143.69	363.11
e - e	148.65	92.60	6.55	0.85	31.42	7.70	946.49	92.60	325.48
f - f	45.44	51.62	1.66	0.70	15.71	7.70	392.25	51.62	0.00

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 49 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

**SLU (stato limite ultimo azione tagliante)**

### VERIFICA FONDAZIONE

<b>Verifica a taglio sez a-a</b>			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>265.12</b>	kN	
<b>VEd =</b>	<b>141.66 kN</b>	<b>ok</b>	
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.461	$\leq 2$	
Rck =	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	N/mm <sup>2</sup>	
fck = 0,83 · Rck =	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00167	$\leq 0,02$	
copriferro =	60.00	mm	
d =	940	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
Asl =	1571	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
$N_{Ed} =$	<b>0.00</b>	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

<b>Verifica a taglio sez b-b</b>			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>397.87</b>	kN	
<b>VEd =</b>	<b>380.37 kN</b>	<b>ok</b>	
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.461	$\leq 2$	
Rck =	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	N/mm <sup>2</sup>	
fck = 0,83 · Rck =	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00565	$\leq 0,02$	
copriferro =	60.00	mm	
d =	940	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
Asl =	5309	mm <sup>2</sup>	10 $\phi$ 26
$N_{Ed} =$	<b>0.00</b>	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 50 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA ELEVAZIONE

Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{tk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	363.11	kN	
<b>VEd =</b>	<b>321.11 kN</b>		<b>ok</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.461		$\leq 2$
$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00334		$\leq 0,02$
copriferro =	60.00	mm	
d =	940	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	3142	mm <sup>2</sup>	10 $\phi$ 20
N <sub>Ed</sub> =	206.25	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.206	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

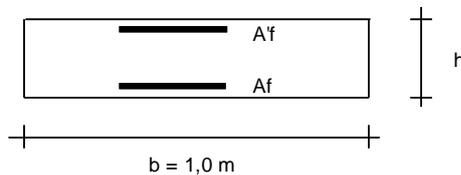
### SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio e fessurazione)

#### ARMATURE

pos	n°/ml	$\phi$	pos	n°/ml	$\phi$
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	20
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

#### VERIFICHE



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

#### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	$\sigma_c$	$\sigma_f$	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	58.91	0.00	1.00	15.71	53.09	0.54	42.33	0.055	0.200
b - b	-647.55	0.00	1.00	53.09	15.71	4.53	144.47	0.135	0.200
c - c	-293.96	0.00	1.00	26.55	15.71	2.64	127.61	0.157	0.200
d - d	591.52	176.05	1.00	31.42	7.70	5.37	194.42	0.181	0.200
e - e	308.97	118.60	0.85	31.42	7.70	3.72	120.57	0.108	0.200
f - f	126.76	70.11	0.70	15.71	7.70	2.75	115.81	0.126	0.200

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 51 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

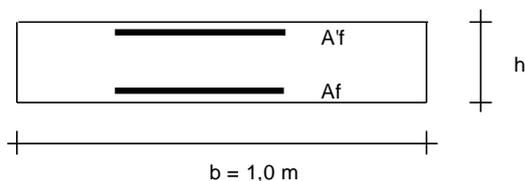
### 12.3.3 Sezione H= 6.30 m

#### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	24
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

#### VERIFICHE



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

#### A1+M1+R3

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	75.46	0.00	149.73	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-1744.44	0.00	-409.51	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-665.36	0.00	-204.76	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	953.08	220.74	342.94	1.03	38.33	7.70	1464.08	220.74	393.86
e - e	500.34	149.09	234.49	0.87	38.33	7.70	1187.72	149.09	352.42
f - f	206.48	88.42	63.03	0.72	22.62	7.70	573.41	88.42	0.00

#### SISMICA

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	58.37	0.00	124.48	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-545.25	0.00	-138.67	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-209.98	0.00	-69.34	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	400.49	155.12	10.48	1.03	38.33	7.70	1438.08	155.12	393.86
e - e	171.56	99.62	7.00	0.87	38.33	7.70	1171.74	99.62	352.42
f - f	52.37	55.26	1.75	0.72	22.62	7.70	563.73	55.26	0.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 52 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

**SLU (stato limite ultimo azione tagliante)**

### VERIFICA FONDAZIONE

<b>Verifica a taglio sez. a-a</b>			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>265.12</b>	kN	
<b>VEd =</b>	<b>149.73</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.461		$\leq 2$
$Rck =$	30	$N/mm^2$	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	$N/mm^2$	
$f_{ck} = 0,83 \cdot Rck =$	24.9	$N/mm^2$	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	$N/mm^2$	
$\rho_1 = Asl / (bw \cdot d) =$	0.00167		$\leq 0,02$
copri ferro =	60.00	mm	
d =	940	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
Asl =	1571	$mm^2$	5 $\phi$ 20
$N_{Ed} =$	<b>0.00</b>	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	$N/mm^2$	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 53 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

<b>Verifica a taglio sez. b-b</b>			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>397.87</b>	kN	
<b>VEd =</b>	<b>409.51</b>	<b>kN</b>	<b>NO</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.461		$\leq 2$
Rck =	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.309	N/mm <sup>2</sup>	
fck = 0,83 · Rck =	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
fcd = $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00565		$\leq 0,02$
copriferro =	60.00	mm	
d =	940	mm	
H =	1000.00	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	5309	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 26
			5 $\phi$ 26
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$
<b>Verifiche allo stato limite ultimo di taglio</b>			
<b>Materiali (Unità N,mm<sup>2</sup>)</b>			
Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	30	fywk =	450
fck =	24.9	fywd =	391.3
fcd =	14.1		
fctd =	1.19		
<b>Sezione da verificare</b>			
Altezza trave		1000	mm
Copriferro staffe		60	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spilli		16	(1 $\phi$ 16/40X40)
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al metro		1.26	mm <sup>2</sup> /m
<b>Verifiche allo s.l.u. per taglio</b>		<b>VR,d &gt; VEd</b>	
Taglio di calcolo V <sub>Ed</sub>		409.51	kN
V <sub>rcd</sub>		5917.73	kN
V <sub>rsd</sub>		416.00	kN
<b>VRd = min[V<sub>rcd</sub>; V<sub>rsd</sub>]</b>		<b>ok</b>	<b>416.00</b> kN

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 54 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### VERIFICA ELEVAZIONE

Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \alpha_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	<b>393.86</b>	kN	
$VEd =$	<b>342.94</b>	kN	<b>ok</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.454		$\leq 2$
$Rck =$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.306	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot Rck =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00395		$\leq 0,02$
copri ferro =	<b>60.00</b>	mm	
d =	970	mm	
H =	<b>1030.00</b>	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	<b>3833</b>	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 24 5 $\phi$ 20
N <sub>Ed</sub> =	<b>220.74</b>	kN	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.214	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

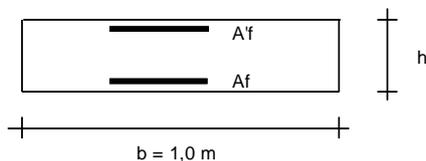
### SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio e fessurazione)

#### ARMATURE

pos	n°/ml	$\phi$	pos	n°/ml	$\phi$
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	24
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

#### VERIFICHE



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

#### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	62.35	0.00	1.00	15.71	53.09	0.57	44.80	0.058	0.200
b - b	-716.70	0.00	1.00	53.09	15.71	5.02	159.90	0.163	0.200
c - c	-324.61	0.00	1.00	26.55	15.71	2.91	140.92	0.173	0.200
d - d	661.47	188.61	1.03	38.33	7.70	5.32	174.64	0.172	0.200
e - e	344.56	126.65	0.87	38.33	7.70	3.70	108.54	0.095	0.200
f - f	140.91	74.56	0.72	22.62	7.70	2.58	89.36	0.089	0.200

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 55 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

# ALLEGATO 1

## *TABULATI DI CALCOLO DEI MURI*

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

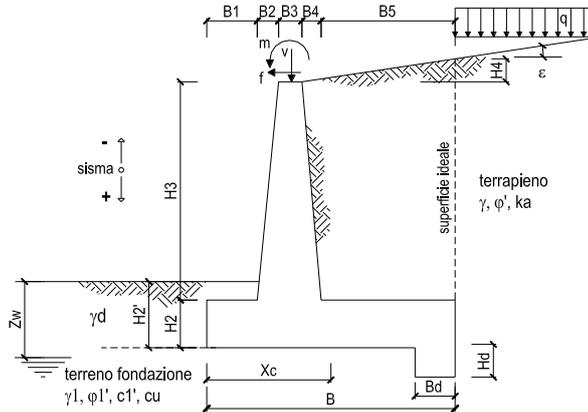
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	56 di 131

#### 1.1 TABULATI MURO SEZIONE H= 3.60 M



OPERA Hmuro = 3.60 m

##### DATI DI PROGETTO:

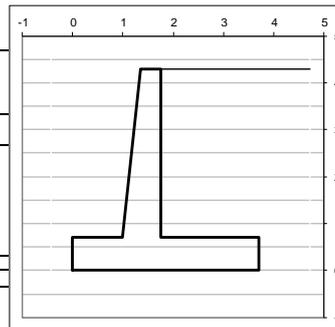
###### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	3.60	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.36	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

###### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	3.70	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.70	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	1.94	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	1.85	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25.00$  (kN/m<sup>3</sup>)



##### Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 17.50$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup. id.} = 17.50$ (°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 2.50$ (kPa)	
Dati Sismici	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan \phi_{re} = 0.85 \cdot \tan \phi'_s$ )	$\phi_{re}' = 21.62$ (°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_t = 19.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rientro della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2' = 1.20 (m)	
	Profondità Falda	Zw = 0.00 (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	Hs = 7.40 (m)	
	Modulo di deformazione	E = 32000 (kN/m <sup>2</sup> )	
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.220$ (-)	S = 1.364
	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	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $\beta_m = \text{Var.}$	
Coefficiente Sismico	coefficiente sismico orizzontale	kh = 0.0930 (-)	strdale
	coefficiente sismico verticale	kV = 0.0465 (-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka = 0.25 (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ = 0.30 (-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- = 0.30 (-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp = 2.17 (-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ = 2.03 (-)	2.030
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- = 2.02 (-)	2.016

##### Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q = 27.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	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 = 17.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	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)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	Pag. 57 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
LU	SD						$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$	
	☉	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

### Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi'$	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.62	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.20	(m)		
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	40.50	(kN/m <sup>2</sup> )
	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	=	25.50	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	16.20	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	36.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	116.95	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	139.68	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	139.68	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	20.09	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	56.16	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	119.79	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	196.04	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	381.33	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	381.33	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 58 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 59.16 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 42.86 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 56.42 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 40.88 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 17.79 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 12.89 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 80.87 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 65.82 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 87.89 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 47.69 \text{ (kN/m)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO ( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 287.31 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 97.30 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.40 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.17 \text{ (-)} > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO ( caso A1+M1+R3 )

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 690.87 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 168.76 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.09 \text{ (-)} > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	59 di 131

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 287.31 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + Sq_h + f - Sp = 97.30 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 522.11 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 9.41 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c_1' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 2.50 \text{ (kPa)}$$

$$\varphi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.00 \text{ (°)}$$

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

$$q_0 = \gamma_d \cdot H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 21.60 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.03 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.63 \text{ (m)}$$

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$N_q = tg^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot tg(\varphi))} \text{ (1 in cond. nd)} = 10.66 \text{ (-)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / tg(\varphi) \text{ (2+}\pi \text{ in cond. nd)} = 20.72 \text{ (-)}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \text{ (0 in cond. nd)} = 10.88 \text{ (-)}$$

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.47 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.41 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^{m+1} = 0.32 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 248.25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 3.14 \text{ (-)} > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI  
 Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
 Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 60 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-----------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 2.1$

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 14.11 (MPa)

##### Copriferro

c = 6.00 (cm)

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

f<sub>yk</sub> = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

f<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> /  $\gamma_S$  /  $\gamma_E$  = 391.30 (MPa)

E<sub>s</sub> = 210000 (MPa)

$\epsilon_{ys} = 0.19\%$

$\epsilon_{uk} = 7.500\%$

$\epsilon_{ud} = 6.750\%$

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

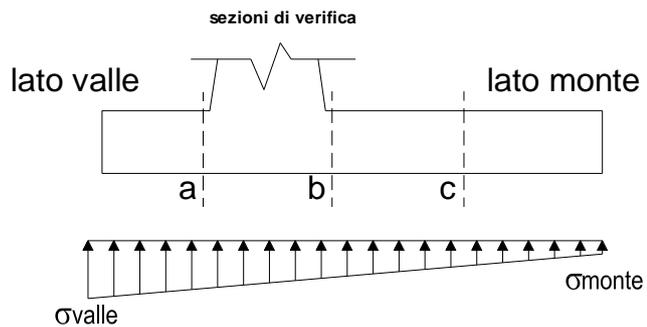
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.70 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.28 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	287.31	9.41	81.77	73.53

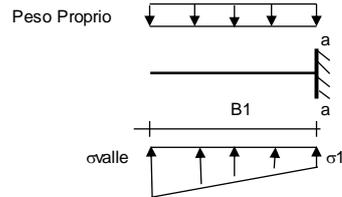


##### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 17.50 (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	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kNm]	T <sub>a</sub> [kN]
statico	81.77	79.55	31.77	63.16



##### Mensola Lato Monte

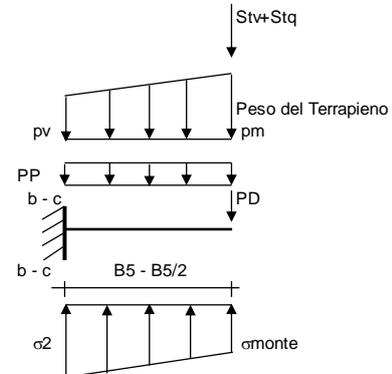
PP = 17.50 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

p<sub>m</sub> = 93.60 (kN/m<sup>2</sup>)  
 p<sub>vb</sub> = 93.60 (kN/m<sup>2</sup>)  
 p<sub>vc</sub> = 93.60 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot B^2 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot (B_5 / 2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2b}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>b</sub> [kNm]	$\sigma_{2c}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>c</sub> [kNm]	T <sub>b</sub> [kN]
statico	73.53	77.85	-127.51	75.69	-47.10	-99.38



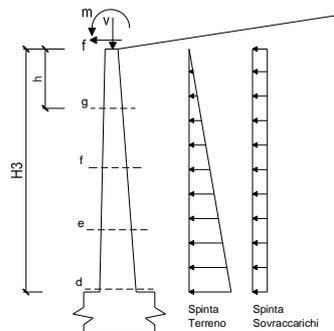
### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI  
 Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
 Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	61 di 131

#### 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
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0930	(-)	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0465	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	0.246
	componente orizzontale	kah	=	0.235	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	0.298
	componente orizzontale	kash+	=	0.28	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T <sub>ext</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.60	39.55	34.22	0.00	73.77
e-e	2.70	22.25	25.67	0.00	47.91
f-f	1.80	9.89	17.11	0.00	27.00
g-g	0.90	2.47	8.56	0.00	11.03

#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.60	47.46	61.60	0.00	109.06	12.47	10.79	0.00	52.20	75.46
e-e	2.70	20.02	34.65	0.00	54.67	7.01	8.09	0.00	36.11	51.22
f-f	1.80	5.93	15.40	0.00	21.33	3.12	5.40	0.00	22.05	30.56
g-g	0.90	0.74	3.85	0.00	4.59	0.78	2.70	0.00	10.01	13.49

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

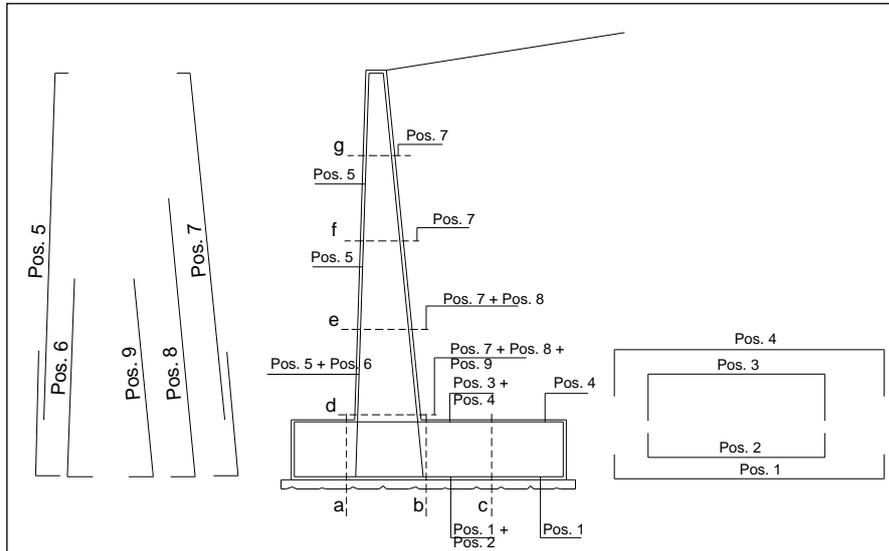
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 62 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

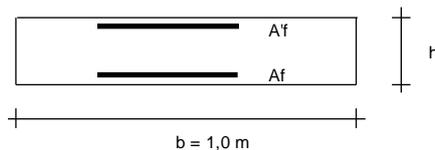


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
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 <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	31.77	0.00	63.16	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
b - b	-127.51	0.00	-99.38	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
c - c	-47.10	0.00	-49.69	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
d - d	109.06	75.46	73.77	0.76	15.71	7.70	438.38	75.46	239.16
e - e	54.67	51.22	47.91	0.67	15.71	7.70	372.92	51.22	220.85
f - f	21.33	30.56	11.03	0.58	15.71	7.70	310.47	30.56	0.00

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	63 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti	temporane e variabili	tan $\varphi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
			sfavorevoli	sfavorevoli				$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLD	○	<b>Sismica</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.40</b>	<b>1.10</b>	<b>1.40</b>
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	$\varphi'$	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\hat{\varphi}_{muro}$	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\hat{\delta}_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_i'$	=	21.62	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_i'$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.20	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016	

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

Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	17.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	16.20	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	36.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	116.95	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	139.68	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	139.68	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	20.09	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	56.16	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	119.79	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	196.04	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	381.33	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	381.33	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	64 di 131

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1 &= 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ &= & 57.73 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+ &= & 21.81 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1h &= Sst1 \cdot \cos \delta &= & 55.05 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1h &= Ssq1 \cdot \cos \delta &= & 20.80 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1v &= Sst1 \cdot \sin \delta &= & 17.36 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1v &= Ssq1 \cdot \sin \delta &= & 6.56 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- 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 +

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) &= & 78.91 \text{ (kN/m)} \\ MSst2 &= Sst1v \cdot B &= & 64.23 \text{ (kN/m)} \\ MSsq1 &= Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) &= & 44.72 \text{ (kN/m)} \\ MSsq2 &= Ssq1v \cdot B &= & 24.26 \text{ (kN/m)} \\ MSP &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^+/3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1 \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2/2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 10.88 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 12.99 \text{ (kN/m)} \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & 6.50 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) &= & 2.86 \text{ (kNm/m)} \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) &= & 8.37 \text{ (kNm/m)} \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) &= & 2.11 \text{ (kNm/m)} \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 13.34 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5) &= & 14.75 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3^2/3) - (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 14.75 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

#### 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)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 287.04 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 99.73 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.40 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.14 \text{ (-)} > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 665.85 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPts + MPts = 151.72 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.39 \text{ (-)} > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 65 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 287.04 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 99.73 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 514.13 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 16.90 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 2.50 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.01 \quad (^\circ)$$

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

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 21.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.06 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.58 \quad (\text{m})$$

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \text{tg}(\phi))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 10.68 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{tg}(\phi) \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 20.74 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2^* (N_q + 1) \text{tg}(\phi) \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 10.90 \quad (-)$$

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

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

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.40 \quad (-)$$

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

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 239.24 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} B^* / N = 2.99 \quad (-) > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	66 di 131

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas &= & 53.59 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas &= & 22.22 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos\delta &= & 51.11 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos\delta &= & 21.19 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin\delta &= & 16.11 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin\delta &= & 6.68 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3+Hd) &= & 73.26 \quad (\text{kN/m}) \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 59.62 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2+Hd) &= & 45.56 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 24.72 \quad (\text{kN/m}) \\ MSP &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 10.88 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 12.99 \quad (\text{kN/m}) \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & -6.50 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) &= & 2.86 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) &= & 8.37 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) &= & 2.11 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 13.34 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) &= & 50.22 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3^2/3)+(B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 50.22 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 272.93 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 96.17 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan\phi' = 0.40 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.12 \quad (-) \quad > \quad 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 661.71 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPs + MPts = 182.38 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.63 \quad (-) \quad > \quad 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 67 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 272.93 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 96.17 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 479.33 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 25.59 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 2.50 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.01 \quad (^\circ)$$

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

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 21.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.09 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.51 \quad (\text{m})$$

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi'))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 10.68 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi') \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 20.74 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi') \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 10.90 \quad (-)$$

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

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

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.39 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^{m+1} = 0.30 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 233.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 3.01 \quad (-) > 1.4$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI  
 Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
 Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	Pag. di 131

#### 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 = 6.00 (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

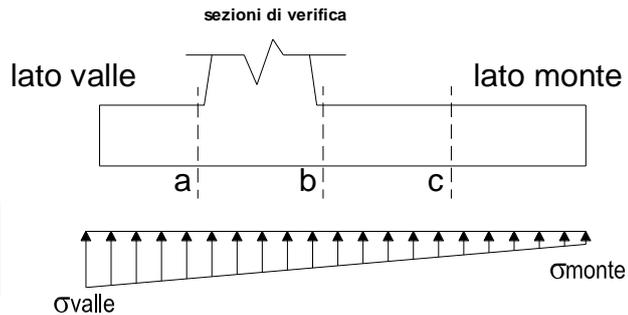
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.70 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.28 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	287.04	16.90	84.98	70.17
sisma-	272.93	25.59	84.98	62.55

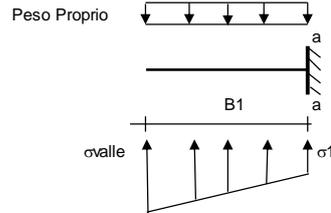


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 17.50 (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	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	$M_a$	$T_a$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sisma+	84.98	80.98	32.67	64.67
sisma-	84.98	78.92	33.14	64.25



###### Mensola Lato Monte

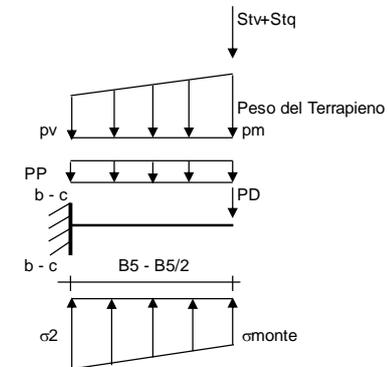
PP = 17.50 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 pm = 72.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pv = 72.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 72.00 (kN/m<sup>2</sup>)

peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

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

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

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	$M_b$	$\sigma_{2c}$	$M_c$	$T_b$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sisma+	70.17	77.94	-85.73	74.06	-33.64	-61.95
sisma-	62.55	74.31	-79.73	68.43	-31.91	-55.60



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

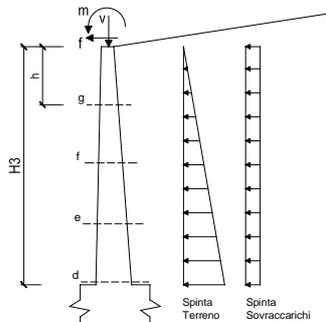
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	69 di 131

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S <b>1.36</b> (-) Categoria di suolo
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m$	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no <input type="radio"/> var				
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.0930	(-)	0.246
	coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.0465	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.25	(-)	
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.235	(-)	
	componente verticale	$k_{av}$	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	=	0.30	(-)	
	componente orizzontale	$k_{ash+}$	=	0.28	(-)	
	componente verticale	$k_{asv+}$	=	0.09	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	=	0.30	(-)	0.304	
componente orizzontale	$k_{ash-}$	=	0.29	(-)		
componente verticale	$k_{asv-}$	=	0.09	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a,orizz.} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/3$$

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	T <sub>t</sub>	T <sub>q</sub>	T <sub>ext</sub>	T <sub>inerzia</sub>	T <sub>tot</sub>
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.60	38.59	8.71	0.00	4.86	52.15
e-e	2.70	21.71	6.53	0.00	3.36	31.59
f-f	1.80	9.65	4.35	0.00	2.05	16.05
g-g	0.90	2.41	2.18	0.00	0.93	5.52

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.60	69.46	31.34	0.00	7.84	108.64	12.17	5.49	0.00	54.63	72.28
e-e	2.70	29.30	17.63	0.00	4.15	51.09	6.84	4.12	0.00	37.79	48.75

#### condizione sismica -

sezione	h [m]	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.60	64.48	31.94	0.00	7.84	104.25	11.30	5.59	0.00	49.77	66.66
e-e	2.70	27.20	17.96	0.00	4.15	49.32	6.35	4.20	0.00	34.43	44.98
f-f	1.80	8.06	7.98	0.00	1.73	17.78	2.82	2.80	0.00	21.02	26.65
g-g	0.90	1.01	2.00	0.00	0.41	3.41	0.71	1.40	0.00	9.55	11.65

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

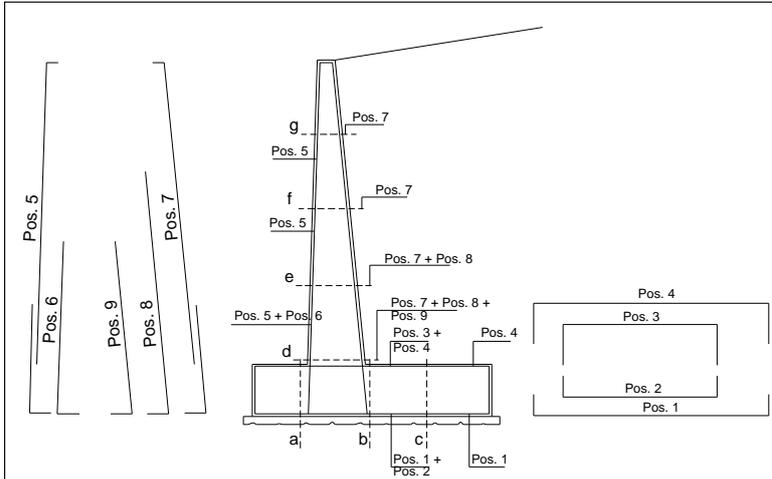
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 70 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

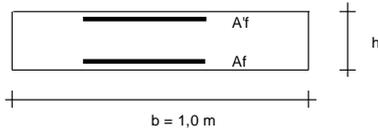


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
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 <sup>2</sup> )	A'f (cm <sup>2</sup> )	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
(-)									
a - a	33.14	0.00	50.52	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
b - b	-85.73	0.00	-40.36	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
c - c	-33.64	0.00	-20.18	0.70	15.71	15.71	377.02	0.00	218.91
d - d	108.64	72.28	4.86	0.76	15.71	7.70	437.35	72.28	239.16
e - e	51.09	48.75	3.36	0.67	15.71	7.70	372.23	48.75	220.85
f - f	18.25	28.86	0.93	0.58	15.71	7.70	310.07	28.86	0.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	71 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti	temporane e variabili	tan $\phi'$	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno
			sfavorevoli	sfavorevoli				$\gamma_R$	$\gamma_R$	o Valle
SLU	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input checked="" type="radio"/>	EQU+M2+R2	<b>1.10</b>	<b>1.50</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>1.40</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

### Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi'$	=	29.26	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	14.63	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	2.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi'_1$	=	17.59	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.20	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310	Valori di Normativa
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.370	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.376	
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.866	
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.737	
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.724	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	40.50	(kN/m <sup>2</sup> )
	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	=	25.50	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	16.20	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	36.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	116.95	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	139.68	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	139.68	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	20.09	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	56.16	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	119.79	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	196.04	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	381.33	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	381.33	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 72 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 63.15 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 54.07 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 61.10 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 52.32 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 15.95 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 13.66 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 87.58 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 59.01 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 112.49 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 50.53 \text{ (kN/m)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO ( EQU+M2+R2 )

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 629.16 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 200.07 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.14 \text{ (-)} > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	73 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\varphi'$	c'	$c_u$	Cap. portante $\gamma_R$	Scorrimento $\gamma_R$	Res.Terreno o Valle $\gamma_R$
UL	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UL	○	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	$\varphi'$	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	17.50	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_1'$	=	21.62	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.20	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	27.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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	=	17.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	16.20	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	36.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	116.95	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	139.68	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	139.68	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	20.09	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	56.16	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	119.79	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	196.04	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	381.33	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	381.33	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

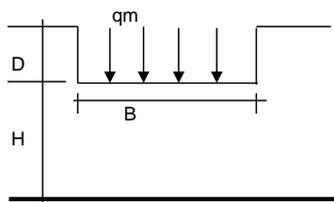
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	VBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 74 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	1.20	(m)
	D/B*	0.34	(m)
	H/B*	2.09	(m)
Carico unitario medio (qm)	qm = N / (B - 2*e) = N / B*	78.90	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.946	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.68	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	5.62	(mm)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 75 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	16.20	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	36.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	64.75	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	116.95	(kN/m)

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

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	139.68	(kN/m)
$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	139.68	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	20.09	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	56.16	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	119.79	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	196.04	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	381.33	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	381.33	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 76 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 45.51 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 28.57 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 43.40 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 27.25 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 13.68 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 8.59 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 62.21 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 50.63 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 58.59 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 31.79 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### 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)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 278.91 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 659.79 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 120.80 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 538.99 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = -23.01 \quad (\text{kNm/m})$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI  
 Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
 Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 77 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### CALCOLI STATICI

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

fctm = 0.30\*(0.83\*Rck)<sup>2/3</sup> = 2.56 (MPa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

##### Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 6.00 (cm)

##### Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c<sub>min</sub> = 2.00 (cm)

##### Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

f<sub>yk</sub> = 450 (MPa)

E<sub>s</sub> = 210000 (MPa)

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

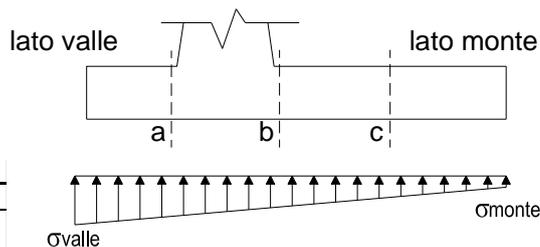
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = b \cdot h = 3.70 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 2.28 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	278.91	-23.01	65.30	85.46
sisma+	287.52	18.17	85.67	69.74
sisma-	272.45	24.30	84.28	62.99

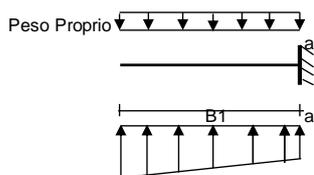


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 17.50 (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	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kNm]
statico	65.30	70.75	24.81



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 17.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 72.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 72.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 72.00 (kN/m<sup>2</sup>)

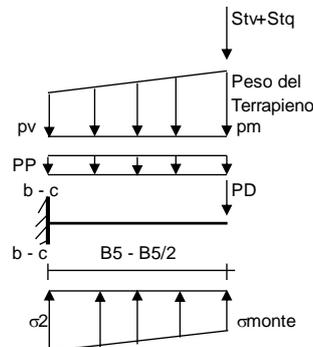
$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd^2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2)^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot (B5/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>b</sub> [kNm]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>c</sub> [kNm]
statico	85.46	74.89	-57.45	80.18	-24.34



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

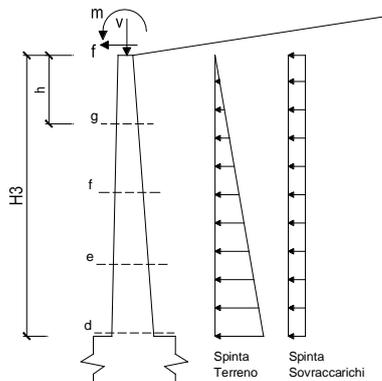
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	78 di 131

### 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	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no					bm = var.
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0930	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0465	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	0.246	
	componente orizzontale	kah	=	0.23	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	0.298	
	componente orizzontale	kash+	=	0.28	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
	componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)			

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.60	36.51	41.07	0.00	77.57	9.59	7.19	0.00	52.20	68.99
e-e	2.70	15.40	23.10	0.00	38.50	5.40	5.40	0.00	36.11	46.90
f-f	1.80	4.56	10.27	0.00	14.83	2.40	3.60	0.00	22.05	28.04
g-g	0.90	0.57	2.57	0.00	3.14	0.60	1.80	0.00	10.01	12.41

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

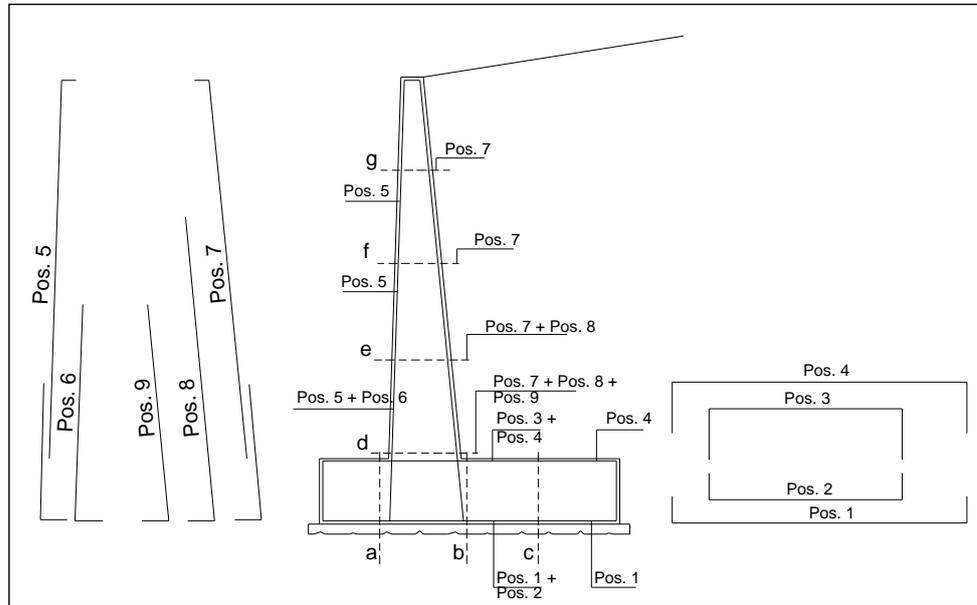
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 79 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

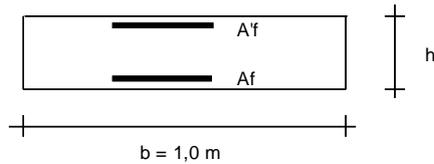


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
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	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	24.81	0.00	0.70	15.71	15.71	0.50	26.72	0.033	0.200
b - b	-57.45	0.00	0.70	15.71	15.71	1.16	61.88	0.076	0.200
c - c	-24.34	0.00	0.70	15.71	15.71	0.49	26.21	0.032	0.200
d - d	77.57	68.99	0.76	15.71	7.70	1.47	56.05	0.067	0.200
e - e	38.50	46.90	0.67	15.71	7.70	0.91	30.00	0.034	0.200
f - f	14.83	28.04	0.58	15.71	7.70	0.45	11.80	0.012	0.200

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

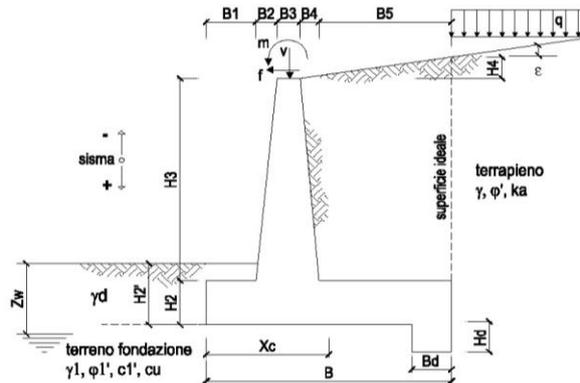
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	80 di 131

## 1.2 TABULATI MURO SEZIONE H= 6.00 M

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU8\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls



OPERA Hmuro = 6.00 m

DATI DI PROGETTO:

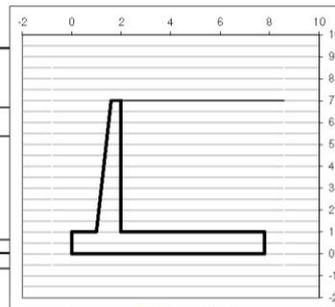
#### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	6.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.60	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

#### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	7.80	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	5.80	(m)
Altezza dente	H1 =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzona Sezione	Xc =	3.90	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	gamma_c =	25.00	(kN/m³)
---------------------------------	-----------	-------	---------



#### Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$	(°)	mensola corta dmur	mensola cort mensola lunç
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$	(kN/m³)		
Dati Terreno Fondazione	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$	(°)	<input type="checkbox"/> drenate <input type="checkbox"/> Non Drenate $\phi_{\text{sc}} = 25$ °	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{\text{muro}} = 17.50$	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{\text{sup id}} = 17.50$	(°)		
	Condizioni				
	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1' = 2.50$	(kPa)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan \phi'_{\text{te}} = 0.85 \tan \phi'_{\text{p}}$ )	$\phi_1' = 21.62$	(°)		
Dati Sismici	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 19.00$	(kN/m³)	$S = 1.365$ (-) Coefficiente Categoria di Suolo	
	Peso Unità di Volume del Fintero della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$	(kN/m³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	$H_2' = 1.50$	(m)		
	Profondità Falda	$Z_w = 0.00$	(m)		
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata $H = 2 \cdot B$ )	$H_s = 15.60$	(m)		
	Modulo di deformazione	$E = 32000$	(kN/m²)		
Coeff. di riduzione dell'accelerazione	Accelerazione sismica	$a_y/g = 0.220$	(-)	$\beta_m = \text{Var.}$ strdale	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m = 0.31$	(-)		
Coeff. di riduzione dell'accelerazione	il muro è libero di ruotare al piede? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no		Valori di Normativa	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no			
Coeff. di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$ka = 0.25$	(-)	0.248	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$kas+ = 0.30$	(-)	0.298	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$kas- = 0.30$	(-)	0.304	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$kp = 2.17$	(-)	2.167	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$kps+ = 2.03$	(-)	2.030	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$kps- = 2.02$	(-)	2.016	

#### Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	100.00	(kN/m²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kN/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kN/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	81 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\otto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

		coefficienti parziali							
		azioni		proprietà del terreno			γ <sub>n</sub>		
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen	Res.Terreno
		stavo	stavo				o	o	Valle
		re	re	γ <sub>n</sub>	γ <sub>n</sub>	γ <sub>n</sub>			
SLU	●	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**Dati Geotecnici** (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati	Descrizione	Valore	Unità	Valore Normativo
Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	= 35.00 (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	= 26.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	= 0.00 (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	= 17.50 (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup.id.</sub>	= 17.50 (°)	
Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	= 2.50 (kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	= 21.62 (°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	= 19.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rintorno della Fondazione	γ <sub>d</sub>	= 19.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	= 1.50 (m)	
	Profondità Falda	Zw	= 0.00 (m)	
Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	= 0.25 (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	= 0.30 (-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	= 0.30 (-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	= 2.17 (-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	= 2.03 (-)	2.030
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	= 2.02 (-)	2.016

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

Condizioni	Descrizione	Valore	Unità
Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	= 150.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	l	= 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	= 0.00 (kNm/m)
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	= 0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	ls	= 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	= 0.00 (kNm/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	45.00 (kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	60.00 (kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	0.00 (kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	195.00 (kN/m)
Pm5 = (Bd*Hd*γcls)	=	0.00 (kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	300.00 (kN/m)

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

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	696.00 (kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00 (kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	0.00 (kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	696.00 (kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	63.00 (kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2-0.5*B3)	=	108.00 (kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2-B3+1/3 B4)	=	0.00 (kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	760.50 (kNm/m)
Mm5 = Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00 (kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	931.50 (kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2-B3-B4+0.5*B5)	=	3410.40 (kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1-B2-B3-2/3*(B4+B5))	=	0.00 (kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1-B2-B3-2/3*B4)	=	0.00 (kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	3410.40 (kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	82 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-Astald\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 156,78 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 258,43 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 149,52 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 246,47 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 47,14 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 77,71 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

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

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 348,89 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 367,73 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 882,64 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 606,15 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO ( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1120,86 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 395,99 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0,40 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1,12 \text{ (-)} > 1,1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO ( caso A1+M1+R3 )

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 5315,78 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 1211,53 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4,39 \text{ (-)} > 1$$

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE ( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1120,86 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f - Sp = 395,99 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4104,25 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 267,09 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 83 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMONTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'Nc' + q_0 Nq + 0,5 \gamma_1 B^* N\gamma$$

$c'$	coesione terreno di fondaz.	=	2.50	(kPa)
$\phi'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma_d H_2$	sovraccarico stabilizzante	=	27.00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.24	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	7.32	(m)

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

$Nq = \tan^2(45 + \phi/2) e^{(k \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$Nc = (Nq - 1) \tan(\phi)$	(2 + $\pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N\gamma = 2(Nq + 1) \tan(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

I valori di  $ic$ ,  $iq$  e  $i\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

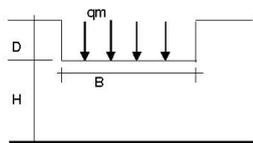
$iq = (1 - T/(N + B^* c' \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.43	(-)
$ic = iq - (1 - iq)/(Nq - 1)$		=	0.38	(-)
$i\gamma = (1 - T/(N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		=	0.29	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	360.56	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} B^* / N$		=	2.36	(-)

> 1.4

### 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)
	$D/B^* =$	0.20	(m)
	$H/B^* =$	2.13	(m)
Carico unitario medio ( $q_m$ )	$q_m = N / (B - 2e) = N / B^* =$	153.05	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.953	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.69	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \mu_1 q_m B^* / E =$	23.02	(mm)

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	84 di 131

C:\archivio\Arch-Lav\rolA194\_Quadilatero-Astald\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

#### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

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

###### Copriferro

c =	6.00	(cm)
-----	------	------

###### Acciaio

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

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

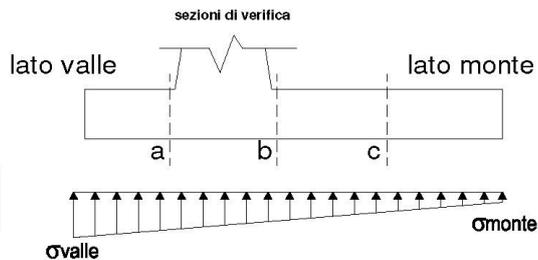
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 7.80 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 10.14 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	1120.86	267.09	170.04	117.36

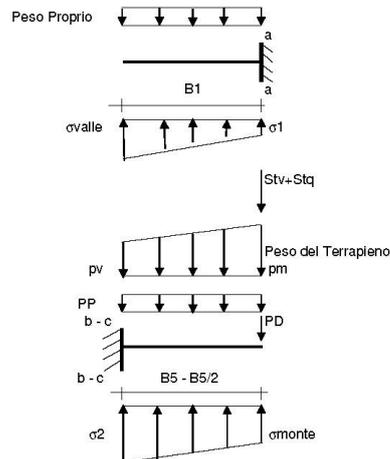


###### Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 25.00 \text{ (kN/m)}$$

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

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	$M_a$	$T_a$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	170.04	163.29	71.39	141.66



###### Mensola Lato Monte

$$\text{PP} = 25.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

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

$$\text{pm} = 156.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{pvb} = 156.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{pvc} = 156.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2b - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^5 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B^5 / 2)^2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B^5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B^5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2b$	$M_b$	$\sigma_2c$	$M_c$	$T_b$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	117.36	156.53	-1574.97	136.95	-602.24	-380.37

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

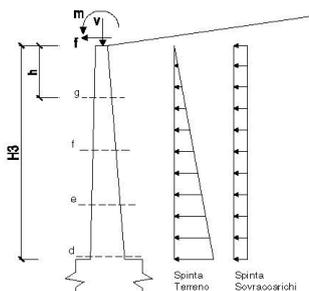
Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	85 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU0038\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S 1.37
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta$	=	0.31	(-)	
	Il muro ammette spostamenti? (si/no)		=	si	no	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0931	(-)	0.246
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0465	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	0.298
	componente orizzontale	kah	=	0.235	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	
	componente orizzontale	kash+	=	0.28	(-)	0.304
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.30	(-)	0.304
	componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)		

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

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

$$M_{tot} = m + F \cdot h$$

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

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

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

$$N_{tot} = v$$

$$N_{ppinerzia} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm kv)$$

#### condizione statica

sezione	h	Tl	Tq	T <sub>est</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	109.85	211.26	0.00	321.11
e-e	4.50	61.79	158.44	0.00	220.24
f-f	3.00	27.46	105.63	0.00	133.09
g-g	1.50	6.87	52.81	0.00	59.68

#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>est</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>est</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	219.71	633.78	0.00	853.48	34.64	66.61	0.00	105.00	206.25
e-e	4.50	92.69	356.50	0.00	449.19	19.48	49.96	0.00	70.31	139.75
f-f	3.00	27.46	158.44	0.00	185.91	8.66	33.30	0.00	41.25	83.21
g-g	1.50	3.43	39.61	0.00	43.04	2.16	16.65	0.00	17.81	36.63

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

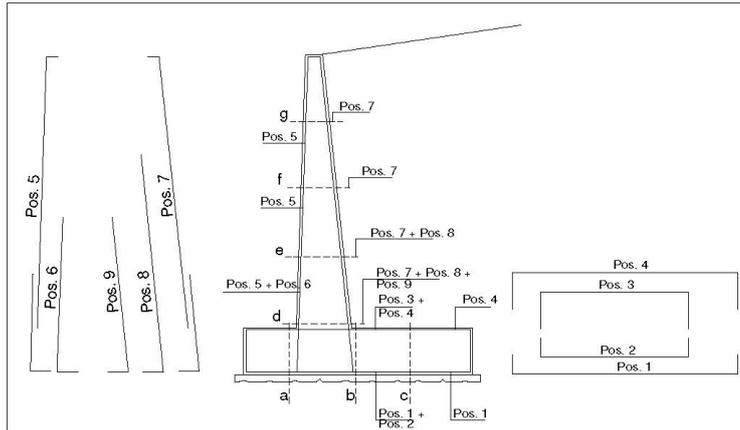
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. F	Pag. di Pag. 86 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

C:\archivio\Arch-LavroolA194\_Quadriatero-Astald\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

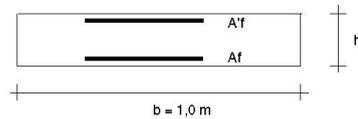
### SCHEMA DELLE ARMATURE



### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	20
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	71.39	0.00	141.66	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-1574.97	0.00	-380.37	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-602.24	0.00	-190.19	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	853.48	206.25	321.11	1.00	31.42	7.70	1184.69	206.25	363.11
e - e	449.19	139.75	220.24	0.85	31.42	7.70	962.49	139.75	325.48
f - f	185.91	83.21	59.68	0.70	15.71	7.70	401.51	83.21	0.00

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

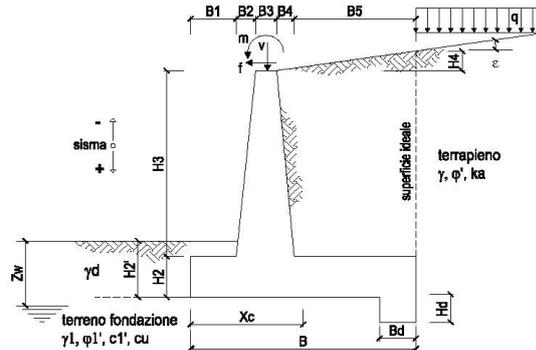
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	87 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Asta\B\PEDEMONTANA\Lotto 3-4\MU0038\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls



OPERA Hmuro = 6.00 m

DATI DI PROGETTO:

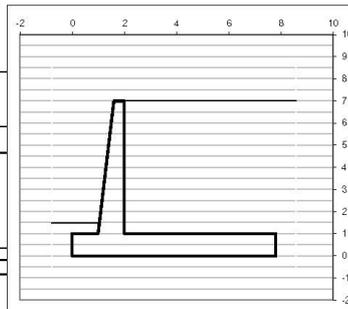
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	6.00 (m)
Aggetto Valle	B2 =	0.60 (m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40 (m)
Aggetto monte	B4 =	0.00 (m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	7.80 (m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00 (m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00 (m)
Suola Lato Monte	B5 =	5.80 (m)
Altezza dente	Hd =	0.00 (m)
Larghezza dente	Bd =	0.00 (m)
Mezzaria Sezione	Xc =	3.90 (m)

Peso Specifico del Calcestruzzo  $\gamma_{cs}$  = 25.00 (kN/m<sup>3</sup>)



**Dati Geotecnic**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\psi$ =	35.00 (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma$ =	20.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$ =	0.00 (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$ =	17.50 (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup.id}$ =	17.50 (°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate		
	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$ =	2.50 (kPa)	
Dati Sismici	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_1$ =	19.00 (kN/m <sup>2</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$ =	19.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Pos. della Fondazione	$H_2'$ =	1.50 (m)	
	Profondità Falda	$Z_w$ =	0.00 (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2'B)	$H_s$ =	15.60 (m)	
	Modulo di deformazione	$E$ =	32000 (kN/m <sup>2</sup> )	
	Accelerazione sismica	$a_g/g$ =	0.22 (-)	$S_s = 1.37$ (-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m$ =	0.31 (-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	Il muro è libero di ruotare al piede? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no	il muro ammette spostamenti? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no $\beta_m = Var$
	Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$ =	0.0931 (-)	
Coefficiente sismico verticale	$k_v$ =	0.0465 (-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_a$ =	0.23 (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$k_{as+}$ =	0.30 (-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$k_{as-}$ =	0.30 (-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$k_p$ =	2.17 (-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$k_{ps+}$ =	2.03 (-)	2.030
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$k_{ps-}$ =	2.02 (-)	2.016

**Carichi Agenti**

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	$q$	=	100.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	$h$	=	0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	$v$	=	0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	$m$	=	0.00 (kN/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	$q_s$	=	0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	$h_s$	=	0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	$v_s$	=	0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	$m_s$	=	0.00 (kN/m)

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	88 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Asta\B\PEDEMONTANA\Lotto 3-4\MU0038\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

		coefficienti parziali								
		azioni		proprietà del terreno			γ <sub>s</sub>			
		caso	permanenti	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	φ <sub>c</sub>	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
LU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
U	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLD	○	Sismica	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
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	Descrizione	Valore	Unità	Valore Normativo
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	= 35.00 (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	= 20.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	= 0.00 (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	= 17.50 (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	= 17.50 (°)	
Dati Terrano Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	= 2.50 (kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	= 21.62 (°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	= 19.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ <sub>d</sub>	= 19.00 (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	= 1.50 (m)	
Coefficienti di Spinta	Profondità Falda	Zw	= 0.00 (m)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	= 0.25 (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	= 0.30 (-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	= 0.30 (-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	= 2.17 (-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	= 2.03 (-)	2.030
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	= 2.02 (-)	2.016	

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

Condizioni Sismiche	Descrizione	Valore	Unità
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	= 0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	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*γcls)/2	=	45.00 (kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	60.00 (kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	0.00 (kN/m)
Pm4 = (B1*H2*γcls)	=	195.00 (kN/m)
Pm5 = (B3*H2*γcls)	=	0.00 (kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	300.00 (kN/m)

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

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	696.00 (kN/m)
Pt2 = (0,5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00 (kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	0.00 (kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	696.00 (kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1-2/3 B2)	=	63.00 (kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1-B2+0,5*B3)	=	108.00 (kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1-B2+B3-1/3 B4)	=	0.00 (kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B1/2)	=	760.50 (kNm/m)
Mm5 = Pm5*(B - B2/2)	=	0.00 (kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	931.50 (kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	3410.40 (kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00 (kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	0.00 (kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	3410.40 (kNm/m)

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	89 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-AstakdiPEDEMANTANA\loto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas^* = 153,00 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas^* = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 145,92 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 \cdot \cos \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 46,01 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 \cdot \sin \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^* \cdot (2 \cdot c1 \cdot kps^{0,5} + \gamma1 \cdot (1 + kv) \cdot kps^* \cdot H2) \cdot Hd = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 \cdot Hd = 340,48 \text{ (kNm)}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 358,87 \text{ (kNm)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 \cdot Hd = 0,00 \text{ (kNm)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v \cdot B = 0,00 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma1 \cdot H3^2 \cdot kps^* / 3 + (2 \cdot c1 \cdot kps^{0,5} + \gamma1 \cdot kps^* \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0,00 \text{ (kNm)}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 27,93 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 64,79 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptshv = Pt \cdot kv = 32,40 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3) / 3 = 12,57 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3) / 2 = 22,34 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3) / 3 = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2) / 2 = 9,08 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd) / 2 = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 43,99 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3) / 2 \cdot (B - B5) / 0,5 = 100,43 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4) / 3 \cdot (B - B5) / 0,5 = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3) / 2 \cdot 3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) / 0,5 = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 100,43 \text{ (kNm/m)}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptshv = 1074,41 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 238,64 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \alpha' = 0,40 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1,78 \text{ (-)} > 1,1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 4700,77 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPts + Mpts = 484,90 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 9,69 \text{ (-)} > 1$$

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 90 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astak\PEDEMANTANA\loto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1074.41 (kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)		
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + I_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	238.64 (kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)		
$MM = M_s - M_r$	=	4215.87 (kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)		
$M = X_c \cdot N - MM$	=	-25.69 (kNm/m)

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	=	2.50 (kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.01 (°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00 (kN/m <sup>3</sup> )
$q_u = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	27.00 (kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	-0.02 (m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	7.75 (m)

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

$N_q = \gamma_1^2 (45 + \phi_1'/2) \cdot \rho^{0.76 \cdot \phi_1'/90}$	(1 in cond. nd)	=	10.68 (-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi_1')$	(2, $\pi$ in cond. nd)	=	20.74 (-)
$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi_1')$	(0 in cond. nd)	=	10.90 (-)

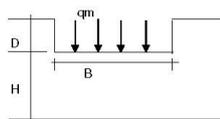
I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_{\gamma}$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B' \cdot c' \cdot \cot(\phi_1')))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.62 (-)
$i_c = i_q \cdot (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.58 (-)
$i_{\gamma} = (1 - T / (N + B' \cdot c' \cdot \cot(\phi_1')))^{m+1}$		=	0.49 (-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	598.03 (kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	4.31 (-) > 1.4

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D	1.50 (m)
	D/B*	0.19 (m)
	H/B*	2.01 (m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 \cdot e) = N / B^*$	138.59 (kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.953 (-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.66 (-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E =$	21.25 (mm)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	91 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMONTANA\otto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$Sst2 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas' = 142,04 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas' = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 135,46 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2h = Ssq2 \cdot \cos \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 42,71 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2v = Ssq2 \cdot \sin \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 - kv) \cdot Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c1 \cdot kps^{0,5} \cdot \gamma + (1 - kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

$$MSst1 = Sst2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 316,08 \text{ (kNm)}$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 333,14 \text{ (kNm)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 0,00 \text{ (kNm)}$$

$$MSsq2 = Ssq2v \cdot B = 0,00 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c1 \cdot kps^{0,5} \cdot \gamma + kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0,00 \text{ (kNm)}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 27,98 \text{ (kNm)}$$

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

$$Pts = Pt \cdot kh = 64,79 \text{ (kNm)}$$

$$Ptsv = Pt \cdot kv = -32,40 \text{ (kNm)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) = 12,57 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) = 22,34 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) = 9,08 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (H2 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 43,99 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) + (B - B5 / 2) \cdot 0,5) = 417,91 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts2 = kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4 / 3) + (B - B5 / 3) \cdot 0,5) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 / 2 / 3) + (B1 - B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0,5) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 417,91 \text{ (kNm/m)}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mtext1 = ms = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mtext2 = fs \cdot (H3 + H2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mtext3 = vs \cdot (B1 + B2 + B3 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 92 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astak\IPEDEMANTANA\otto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv$	=	1006.31	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh$	=	228.18	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \text{tg}\phi'$	=	0.40	(-)	
$Fs = (N' + Sp) / T$	=	1.75	(-)	> 1.1

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3$	=	4675.04	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)				
$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPp + Mpts$	=	777.98	(kNm/m)	
$Fr = Ms / Mr$	=	6.01	(-)	> 1

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)				
$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv$	=	1006.31	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh - Sp$	=	228.18	(kN/m)	
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = Ms - Mr$	=	3897.07	(kNm/m)	
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = Xc \cdot N - MM$	=	27.56	(kNm/m)	

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 93 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astak\PEDEMANTANA\otto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

**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.	=	2,50	(kN/mq)
$\varphi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25,01	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19,00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	27,00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0,03	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	7,75	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \gamma \cdot q^2 \cdot (45 + \varphi^2/2) \cdot e^{2,3 \cdot \tan(\varphi)}$	(1 in cond. nd)	=	10,68	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\varphi)$	(2+π in cond. nd)	=	20,74	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\varphi)$	(0 in cond. nd)	=	10,90	(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

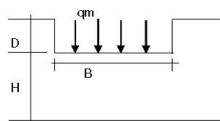
$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cot(\varphi)))^m$	(1 in cond. nd)	=	0,61	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) \cdot (N_q - 1)$		=	0,57	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cot(\varphi)))^{m+1}$		=	0,48	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	589,76	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	4,54	(-)

> 1,4

**CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



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

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	1,50	(m)
	D/B*	0,19	(m)
	H/B*	2,01	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 \cdot e) = N / B^*$	129,93	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0,953	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0,66	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E =$	19,92	(mm)

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	Pag. di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-AstakdiPEDEMONTANA\Lotto 3-4\MU58Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

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

##### Copriferro

$c$ =	6.00	(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)
$\epsilon_{pe}$ =	0.19%
$\epsilon_{uk}$ =	7.500%
$\epsilon_{ud}$ =	6.750%

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

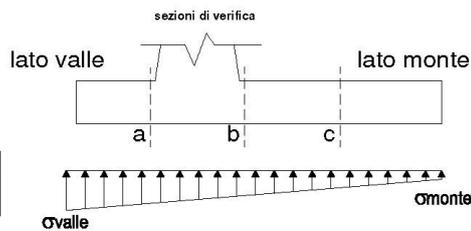
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 7.80 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 10.14 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	1074.41	25.69	135.21	140.28
sisma-	1006.31	27.56	131.73	126.30

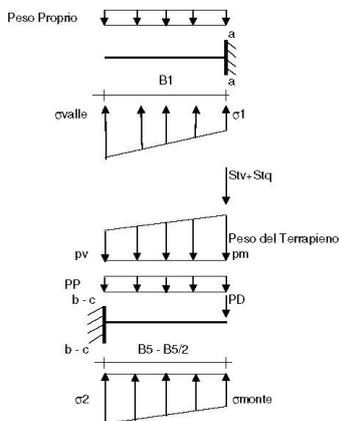


##### Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio: } PP = 25.00 \text{ (kN/m)}$$

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

caso	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_a$ [kNm]	$T_a$ [kN]
sisma+	135.21	135.86	54.63	109.37
sisma-	131.73	131.04	53.83	107.43



##### Mensola Lato Monte

$$PP = 25.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

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

$$pm = 120.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$pvb = 120.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$pvc = 120.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$M_b = (\sigma_{monte} \cdot (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B5^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B5 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

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

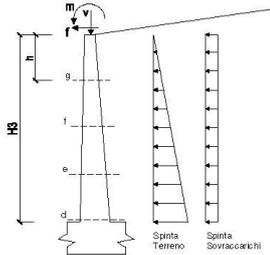
caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_b$ [kNm]	$\sigma_2c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_c$ [kNm]	$T_b$ [kN]
sisma+	140.28	136.51	-480.93	138.39	-184.30	-123.47
sisma-	126.30	130.34	-426.13	128.32	-171.29	-100.32

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	VBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 95 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Asta\B\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU0038\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.22	(-)	S 1.37 Categoria di suolo
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta$	=	<b>0.31</b>	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	bm =	var		
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0931	(-)	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0465	(-)	0.245  0.298  0.304
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	
	componente orizzontale	kah	=	0.235	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	
	componente orizzontale	kasv+	=	0.28	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.30	(-)	
	componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)	
	componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)	

$M_t = \frac{1}{2} K a_{quz} \cdot \gamma (1 \pm kv) h^3$       o    $\frac{1}{2} K a_{quz} \cdot \gamma (1 \pm kv) h^2 l v / 2$  (con sisma)

$M_q = \frac{1}{2} K a_{quz} \cdot q h^2$

$M_{ed} = m \cdot l \cdot h$

$M_{sp+2B} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot kh$       (solo con sisma)

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

$N_q = K a_{vert} \cdot q \cdot h$

$N_{ed} = v$

$N_{sp+2B} = \Sigma P m_i (1 \pm kv)$

condizione sismica +

sezione	h	T <sub>t</sub>	T <sub>q</sub>	T <sub>ed</sub>	T <sub>sp+2B</sub>	T <sub>ed</sub>
	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
d-d	6.00	107.21	0.00	0.00	9.77	116.98
e-e	4.50	60.30	0.00	0.00	6.55	66.85
f-f	3.00	26.80	0.00	0.00	3.84	30.64
g-g	1.50	6.70	0.00	0.00	1.66	8.36

condizione sismica +

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ed</sub>	M <sub>sp+2B</sub>	M <sub>ed</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>ed</sub>	N <sub>sp+2B</sub>	N <sub>ed</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	321.62	0.00	0.00	25.14	346.76	33.80	0.00	0.00	109.89	143.69
e-e	4.50	135.68	0.00	0.00	12.96	148.65	19.01	0.00	0.00	73.59	92.60

condizione sismica -

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ed</sub>	M <sub>sp+2B</sub>	M <sub>ed</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>ed</sub>	N <sub>sp+2B</sub>	N <sub>ed</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	298.57	0.00	0.00	25.14	323.70	31.38	0.00	0.00	100.11	131.49
e-e	4.50	125.96	0.00	0.00	12.96	138.92	17.65	0.00	0.00	67.04	84.69
f-f	3.00	37.32	0.00	0.00	5.24	42.56	7.84	0.00	0.00	39.33	47.17
g-g	1.50	4.67	0.00	0.00	1.18	5.84	1.96	0.00	0.00	16.98	18.94

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

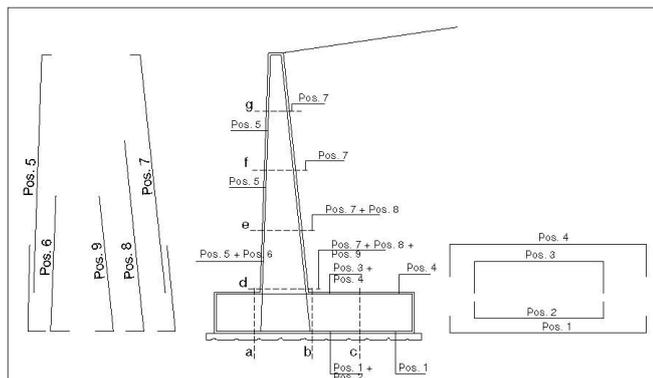
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 96 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-Astak\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

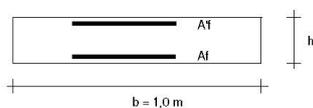
### SCHEMA DELLE ARMATURE



### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	20
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	Af'	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	54.63	0.00	117.64	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-480.93	0.00	-129.20	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-184.30	0.00	-64.60	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	346.76	143.69	9.77	1.00	31.42	7.70	1159.00	143.69	363.11
e - e	148.65	92.60	6.55	0.85	31.42	7.70	946.49	92.60	325.48
f - f	45.44	51.62	1.66	0.70	15.71	7.70	392.25	51.62	0.00

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

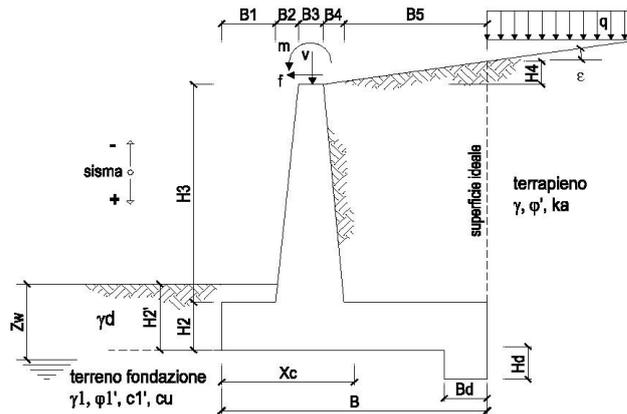
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	97 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls



OPERA Hmuro = 6.00 m

DATI DI PROGETTO:

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	6.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.60	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	7.80	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	5.80	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzonia Sezione	Xc =	3.90	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$ =	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



**Dati Geotecnici**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 17.50$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id} = 17.50$ (°)	
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 2.50$ (kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan\phi'_{fs} = 0.85 \cdot \tan\phi'_s$ )	$\phi_{fs}' = 21.62$ (°)	$\phi'_s = 25$ °
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 19.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rintoro della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2' = 1.50 (m)	
	Profondità Fakla	Zw = 0.00 (m)	
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.22$ (-)	S = 1.37 (-)
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m = 0.31$ (-)	Coefficiente Categoria di Suolo
Dati Sismici	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 = 0.0931 (-)	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico verticale	kv = 0.0465 (-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka = 0.25 (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ = 0.30 (-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- = 0.30 (-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp = 2.17 (-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ = 2.03 (-)	2.030
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- = 2.02 (-)	2.016

**Carichi Agenti**

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	100.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	98 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

		coefficienti parziali								
		azioni		proprietà del terreno			$\gamma_n$			
		permanenti	temporanee variabili	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno o Valle	
		slavorevoli	slavorevoli				$\gamma_n$	$\gamma_n$	$\gamma_n$	
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	●	<b>EQU+M2+R2</b>	<b>1.10</b>	<b>1.50</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>1.40</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	
def.	○	--	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	$\phi'$	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Incclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	14.63	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup, id}$	=	14.63	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	2.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	17.59	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rintero della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Fakda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.370
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.376
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.866
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.737
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.724

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	150.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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	=	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	45.00	(kN/m)
Pm2	=	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	60.00	(kN/m)
Pm3	=	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4	=	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	195.00	(kN/m)
Pm5	=	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm	=	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	300.00	(kN/m)

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

Pt1	=	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	696.00	(kN/m)
Pt2	=	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3	=	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt	=	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	696.00	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1	=	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	63.00	(kNm/m)
Mm2	=	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	108.00	(kNm/m)
Mm3	=	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4	=	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	76.50	(kNm/m)
Mm5	=	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm	=	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	931.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1	=	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	341.40	(kNm/m)
Mt2	=	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3	=	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt	=	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	341.40	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di 99 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

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

#### SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 167,36 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 326,02 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 161,93 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 315,45 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 42,26 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 82,33 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MS_{t1} = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 377,84 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{t2} = St_v \cdot B = 329,67 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q1} = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 1104,08 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q2} = Sq_v \cdot B = 642,21 \text{ (kNm)}$$

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

#### 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 AL RIBALTAMENTO ( EQU+M2+R2 )

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{fext3} = 4879,58 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} = 1481,93 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3,29 \text{ (-) } > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	100 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_n$		
			permanenti	temporanee variabili	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno
		slavorevoli	slavorevoli	$\gamma_a$				$\gamma_b$	$\gamma_c$	$\gamma_d$
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	$\phi'$	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Incimazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup, id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.62	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rintero della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Fakla	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normaliva
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	100.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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	=	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	45.00	(kN/m)
Pm2	=	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	60.00	(kN/m)
Pm3	=	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4	=	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	195.00	(kN/m)
Pm5	=	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm	=	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	300.00	(kN/m)

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

Pt1	=	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	696.00	(kN/m)
Pt2	=	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3	=	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt	=	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	696.00	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1	=	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	63.00	(kNm/m)
Mm2	=	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	108.00	(kNm/m)
Mm3	=	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4	=	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	76.50	(kNm/m)
Mm5	=	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm	=	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	931.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1	=	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	341.40	(kNm/m)
Mt2	=	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3	=	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt	=	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	341.40	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

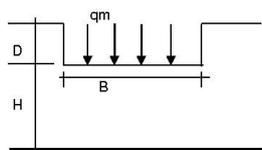
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 101 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU38\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	1.50	(m)
	D/B*	0.19	(m)
	H/B*	2.02	(m)
Carico unitario medio (qm)	qm = N / (B - 2*e) = N / B*	140.39	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.953	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.67	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E =$	21.50	(mm)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	102 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\lto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	45.00	(kNm)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	60.00	(kNm)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kNm)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	195.00	(kNm)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kNm)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	300.00	(kNm)

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

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	696.00	(kNm)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kNm)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kNm)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	696.00	(kNm)

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

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	63.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	108.00	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	760.50	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	931.50	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	3410.40	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	3410.40	(kNm/m)

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 120.60 \text{ (kNm)}$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 172.29 \text{ (kNm)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sh = St \cdot \cos \delta = 115.02 \text{ (kNm)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 164.31 \text{ (kNm)}$$

componente verticale condizione statica

$$Sv = St \cdot \sin \delta = 36.27 \text{ (kNm)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 51.81 \text{ (kNm)}$$

Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp \cdot (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kNm)}$$

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MS1 = Sh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 268.38 \text{ (kNm)}$$

$$MS2 = Sv \cdot B = 282.87 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 575.09 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 404.10 \text{ (kNm)}$$

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

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Sv + Sqv = 1084.07 \text{ (kNm)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS2 + MSq2 + Mfext3 = 5028.87 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 843.47 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4185.40 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 42.49 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	103 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-Astaldi\PEDEMONTANA\otto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+P3\_2008.xls

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot \gamma \cdot kas^* = 157,17 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot \gamma \cdot kas^* = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 149,90 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1h = Ssq1 \cdot \cos \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 47,26 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq1v = Ssq1 \cdot \sin \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

Spinta passiva sul dente

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

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 = 349,77 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 368,65 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq2 = Ssq1v \cdot B = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

$$MSP = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^* / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0,5} + \gamma_1 \cdot kps^* \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 45,05 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Psh = Pt \cdot kh = 64,79 \text{ (kN/m)}$$

$$Psv = Pt \cdot kv = 32,40 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm^2 \cdot (H2 + H3) / 3 = 12,57 \text{ (kN/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm^2 \cdot (H2 + H3) / 2 = 22,34 \text{ (kN/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm^3 \cdot (H2 + H3) / 3 = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm^4 \cdot (H2) / 2 = 9,08 \text{ (kN/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm^5 \cdot (Hd) / 2 = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 43,99 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot P1^2 \cdot (H2 + H3) / 2 - (B \cdot B^2) / 0,5 = 100,43 \text{ (kN/m)}$$

$$MPts2 = kh \cdot P2^2 \cdot (H2 + H3 + H4) / 3 - (B \cdot B^3) / 0,5 = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

$$MPts3 = kh \cdot P3^3 \cdot (H2 + H3^2) / 3 - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0,5 = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 100,43 \text{ (kN/m)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 1075,66 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 4710,55 \text{ (kN/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPts = 494,18 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4216,37 \text{ (kN/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = -21,30 \text{ (kN/m)}$$

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione sismica -

$$Sst2 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot \gamma \cdot kas^* = 137,79 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot \gamma \cdot kas^* = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 131,41 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2h = Ssq2 \cdot \cos \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 41,43 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2v = Ssq2 \cdot \sin \delta = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

Spinta passiva sul dente

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	104 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\otto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+P3\_2008.xls

### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione sismica -

MSst1 = Sst2h * ((H2+H3+H4+Hd)/3+Hd)	=	306.62	(kN/m)
MSst2 = Sst2v * B	=	323.18	(kN/m)
MSsq1 = Ssq2h * ((H2+H3+H4+Hd)/2+Hd)	=	0.00	(kN/m)
MSsq2 = Ssq2v * B	=	0.00	(kN/m)
MSp = $\gamma_1 * Hd^3 * kps/3 + 2 * c1 * kps^{0.5} * \gamma_1 * kps * Hd^2/2$	=	0.00	(kN/m)

### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm * kh = 27.93 \text{ (kNm)}$$

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

$$Psh = Pt * kh = 64.79 \text{ (kNm)}$$

$$Psv = Pt * kv = -32.40$$

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

MPs1 = kh * Pm1 * (H2+H3/3)	=	12.57	(kNm/m)
MPs2 = kh * Pm2 * (H2 + H3/2)	=	22.34	(kNm/m)
MPs3 = kh * Pm3 * (H2+H3/3)	=	0.00	(kNm/m)
MPs4 = kh * Pm4 * (Hd/2)	=	9.08	(kNm/m)
MPs5 = -kh * Pm5 * (Hd/2)	=	0.00	(kNm/m)
MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5	=	43.99	(kNm/m)

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

MPts1 = kh * P11 * (H2 + H3/2) + (B - B3/2) * 0.5	=	417.91	(kNm/m)
MPts2 = kh * P12 * (H2 + H3 + H4/3) + (B - B3/3) * 0.5	=	0.00	(kNm/m)
MPts3 = kh * P13 * (H2+H3^2/3) + (B1+B2+B3+2/3*B4) * 0.5	=	0.00	(kNm/m)
MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3	=	417.91	(kNm/m)

### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

Mfext1 = ms	=	0.00	(kNm/m)
Mfext2 = fs * (H3 + H2)	=	0.00	(kNm/m)
Mfext3 = vs * (B1 + B2 + B3/2)	=	0.00	(kNm/m)

### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Psv = 1005.04 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 4665.08 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPs + Mpts = 768.52 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 3896.56 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc * N - MM = 23.08 \text{ (kNm/m)}$$

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di	Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	105 di	131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Asta\BPEDEMONTANA\Lotto 3-4\MU58\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

### CALCOLI STATICI

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

$R_{ck} = 30$  (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)

$c = 6.00$  (cm)

**Copriferro minimo di normativa** (ricoprimento armatura)

$c_{min} = 2.00$  (cm)

##### Valore limite di apertura delle fessure

$w_l = 0.2$

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

$f_{yk} = 450$  (MPa)

$E_s = 210000$  (MPa)

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

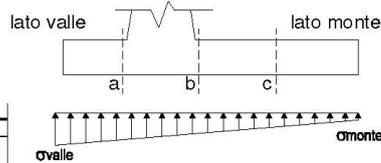
$c_{valle} = N / A + M / W_{gg}$

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

$A = b \cdot h = 7.80$  (m<sup>2</sup>)

$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 10.14$  (m<sup>3</sup>)

caso	N [kN]	M [kNm]	$c_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	1084.07	42.49	143.17	134.79
sisma+	1075.66	-21.30	135.80	140.01
sisma-	1005.04	23.03	131.13	126.57

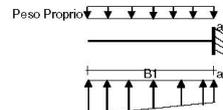


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

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

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

caso	$c_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_a$ [kNm]
statico	143.17	142.10	58.91



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 25.00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 120.00 (kN/m<sup>2</sup>)

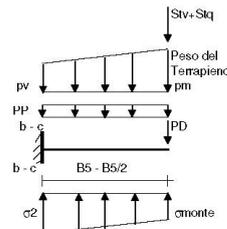
pvb = 120.00 (kN/m<sup>2</sup>)

pvc = 120.00 (kN/m<sup>2</sup>)

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

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

caso	$c_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_b$ [kNm]	$\sigma_2 c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_c$ [kNm]
statico	134.79	141.02	-847.55	137.91	-233.96

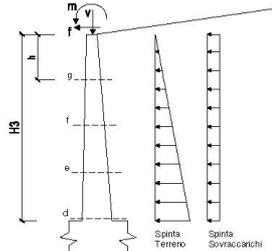


Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	106 di 131

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Asta\BPEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU58\Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_s/g$	=	0.22	(-)	S = 1.37
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$R$	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no	bm =	var.		
	Categoria di suolo					
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.0931	(-)	0.248
	coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.0465	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.25	(-)	
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.23	(-)	
	componente verticale	$k_{av}$	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	=	0.30	(-)	
	componente orizzontale	$k_{ash+}$	=	0.28	(-)	
	componente verticale	$k_{asv+}$	=	0.09	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	=	0.30	(-)	0.304
	componente orizzontale	$k_{ash-}$	=	0.29	(-)	
	componente verticale	$k_{asv-}$	=	0.09	(-)	

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

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

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

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

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

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

$$N_{act} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h [m]	Mt	Mq	M <sub>act</sub>	M <sub>inerzia</sub>	Nt	Nq	N <sub>act</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	189.01	422.52	0.00	591.52	28.64	44.41	0.00	105.00	178.05
e-e	4.50	71.90	237.67	0.00	308.97	14.99	33.30	0.00	70.31	118.60
f-f	3.00	21.13	105.63	0.00	126.76	6.66	22.20	0.00	41.25	70.11
g-g	1.50	2.64	26.41	0.00	29.05	1.67	11.10	0.00	17.81	30.58

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	Mt	Mq	M <sub>act</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>act</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	321.62	0.00	0.00	25.14	346.76	33.80	0.00	0.00	109.89	143.69
e-e	4.50	135.68	0.00	0.00	12.96	148.65	19.01	0.00	0.00	73.59	92.60
f-f	3.00	40.20	0.00	0.00	5.24	45.44	8.45	0.00	0.00	43.17	51.62
g-g	1.50	5.03	0.00	0.00	1.18	6.20	2.11	0.00	0.00	18.64	20.75

#### condizione sismica -

sezione	h [m]	Mt	Mq	M <sub>act</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>act</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	298.57	0.00	0.00	25.14	323.70	31.38	0.00	0.00	100.11	131.49
e-e	4.50	125.96	0.00	0.00	12.96	138.92	17.65	0.00	0.00	67.04	84.69
f-f	3.00	37.32	0.00	0.00	5.24	42.56	7.84	0.00	0.00	39.33	47.17
g-g	1.50	4.67	0.00	0.00	1.18	5.84	1.96	0.00	0.00	16.98	18.94

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

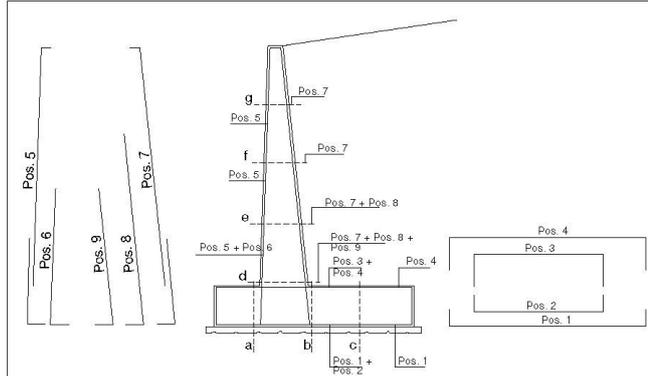
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 107 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadriatero-Astaldi\PEDEMANTANA\loto 3-4\MUS8Muri\_H\_600\_Solo\_A1+M1+R3\_2008.xls

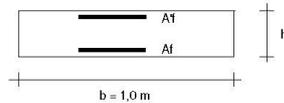
### SCHEMA DELLE ARMATURE



### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	20
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

### VERIFICHE



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

### Condizione Statica

Sez.	M (kNm)	N (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	A'f (cm <sup>2</sup> )	α <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α'f (N/mm <sup>2</sup> )	wk (mm)	w <sub>lim</sub> (mm)
(-)									
a - a	58.91	0.00	1.00	15.71	53.09	0.54	42.33	0.055	0.200
b - b	-647.55	0.00	1.00	53.09	15.71	4.53	144.47	0.135	0.200
c - c	-293.96	0.00	1.00	26.55	15.71	2.64	127.61	0.157	0.200
d - d	591.52	176.05	1.00	31.42	7.70	5.37	194.42	0.181	0.200
e - e	308.97	118.60	0.85	31.42	7.70	3.72	120.57	0.108	0.200
f - f	128.76	70.11	0.70	15.71	7.70	2.75	115.81	0.126	0.200

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

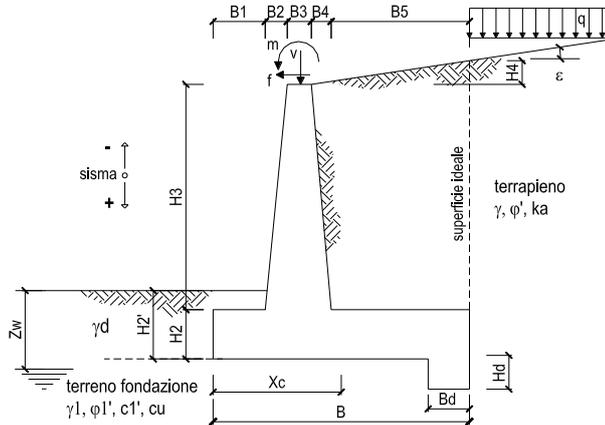
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	108 di 131

### 1.3 TABULATI MURO SEZIONE H= 6.30 M



OPERA Hmuro = 6.30 m

#### DATI DI PROGETTO:

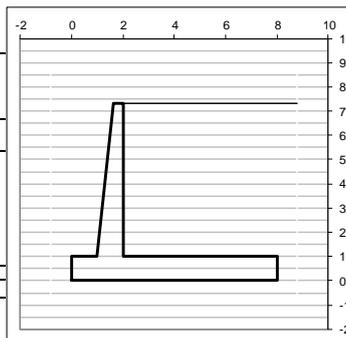
##### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	6.30	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.63	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

##### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	8.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	5.97	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	4.00	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25.00$  (kN/m<sup>3</sup>)



#### Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 17.50$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id} = 17.50$ (°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
Dati Sismici	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 2.50$ (kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan\phi'_e = 0.85 \cdot \tan\phi'_s$ )	$\phi'_e = 21.62$ (°)	$\phi'_e = 25$
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 19.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d = 19.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posizione della Fondazione	$H2' = 1.50$ (m)	
	Profondità Falda	$Zw = 0.00$ (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H=2'B)	$Hs = 16.00$ (m)	
Dati Sismici	Modulo di deformazione	$E = 32000$ (kN/m <sup>2</sup> )	
	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.220$ (-)	$S = 1.365$
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta m = 0.31$ (-)	Coefficiente Categoria di:
Dati Sismici	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 $\beta m = \text{Var.}$	
Dati Sismici	coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0.0931$ (-)	strdale
	coefficiente sismico verticale	$k_v = 0.0465$ (-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_a = 0.25$ (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$k_{as+} = 0.30$ (-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$k_{as-} = 0.30$ (-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$k_p = 2.17$ (-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$k_{ps+} = 2.03$ (-)	2.030
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$k_{ps-} = 2.02$ (-)	2.016	

#### Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q = 100.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	VBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	109 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimen to	Res.Terreno Valle
LU	SD						$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$	
	☉	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

### Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi'$	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	17.50	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.62	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	150.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	49.61	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	63.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	200.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	312.61	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	752.22	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.22	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	70.45	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	115.29	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	800.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	985.74	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	3772.38	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	3772.38	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 110 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 170.51 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 269.50 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 162.62 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 257.03 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 51.27 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 81.04 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 395.70 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 410.18 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 938.16 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 648.33 \text{ (kN/m)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO ( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1197.15 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 419.65 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.40 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.13 \text{ (-)} > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO ( caso A1+M1+R3 )

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 5816.63 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 1333.86 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.36 \text{ (-)} > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	111 di 131

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} = 1197.15 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p = 419.65 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 4482.77 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 305.81 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 2.50 \text{ (kPa)}$$

$$\phi' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.00 \text{ (°)}$$

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

$$q_0 = \gamma_d H_2 \text{ sovraccarico stabilizzante} = 27.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.26 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 7.49 \text{ (m)}$$

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{\pi \tan(\phi')} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi') \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 20.72 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan(\phi') \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 10.88 \quad (-)$$

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot(\phi')))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.44 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.38 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot(\phi')))^{m+1} = 0.29 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 368.63 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} B^* / N = 2.31 \quad (-) > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI  
 Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
 Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 112 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

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

##### Copriferro

c = 6.00 (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

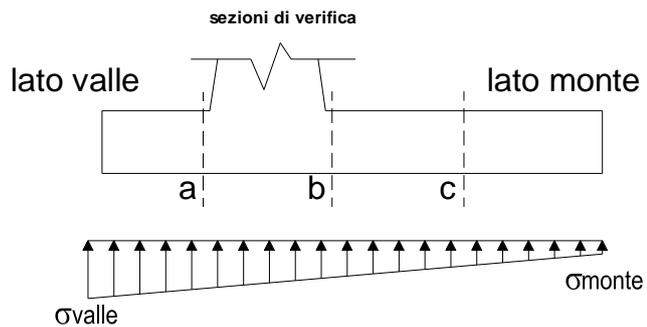
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 8.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 10.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	1197.15	305.81	178.31	120.97

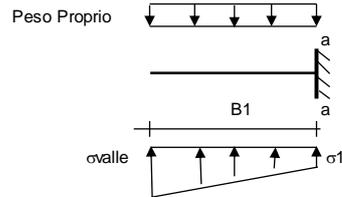


##### Mensola Lato Valle

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	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_a$ [kNm]	$T_a$ [kN]
statico	178.31	171.15	75.46	149.73



##### Mensola Lato Monte

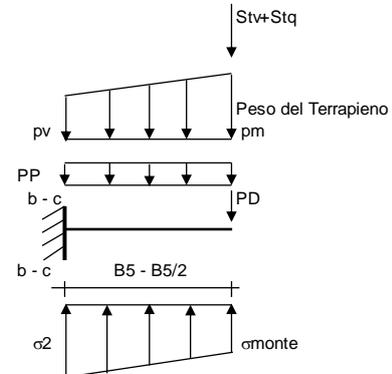
PP = 25.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

pm = 163.80 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 163.80 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 163.80 (kN/m<sup>2</sup>)

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

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

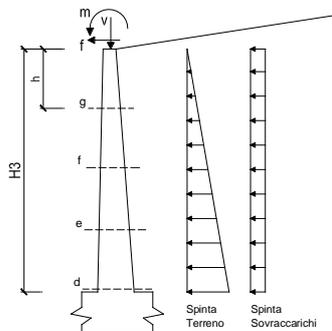
caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2b}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_b$ [kNm]	$\sigma_{2c}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_c$ [kNm]	$T_b$ [kN]
statico	120.97	163.76	-1744.44	142.37	-665.36	-409.51



Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	113 di 131

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S <b>1.37</b> (-) Categoria di suolo
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	<b>0.31</b>	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	bm = var		
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0931	(-)	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0465	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	<b>0.25</b>	(-)	0.246
	componente orizzontale	kah	=	0.235	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	<b>0.30</b>	(-)	0.298
	componente orizzontale	kash+	=	0.28	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	<b>0.30</b>	(-)	0.304
	componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T <sub>ext</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.30	121.11	221.82	0.00	342.94
e-e	4.73	68.13	166.37	0.00	234.49
f-f	3.15	30.28	110.91	0.00	141.19
g-g	1.58	7.57	55.46	0.00	63.03

#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.30	254.34	698.74	0.00	953.08	38.19	69.94	0.00	112.61	220.74
e-e	4.73	107.30	393.04	0.00	500.34	21.48	52.46	0.00	75.16	149.09
f-f	3.15	31.79	174.68	0.00	206.48	9.55	34.97	0.00	43.90	88.42
g-g	1.58	3.97	43.67	0.00	47.65	2.39	17.49	0.00	18.85	38.72

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

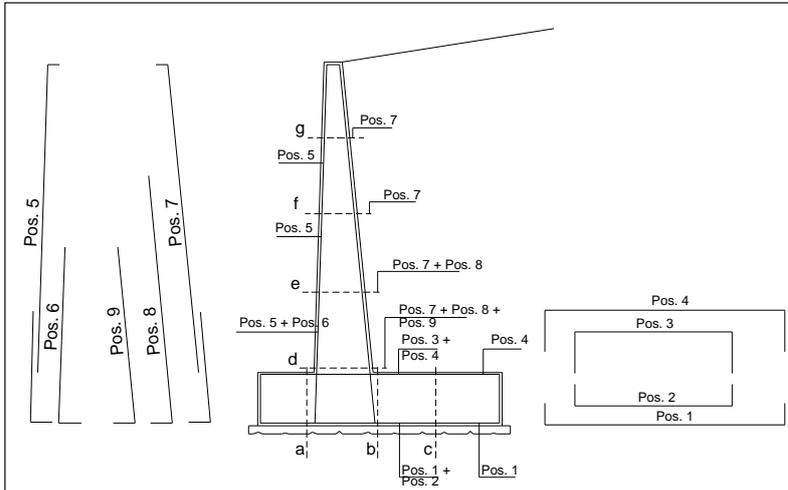
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 114 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

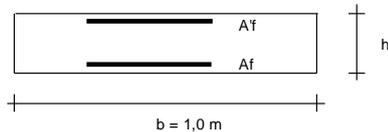


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	24
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	75.46	0.00	149.73	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-1744.44	0.00	-409.51	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-665.36	0.00	-204.76	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	953.08	220.74	342.94	1.03	38.33	7.70	1464.08	220.74	393.86
e - e	500.34	149.09	234.49	0.87	38.33	7.70	1187.72	149.09	352.42
f - f	206.48	88.42	63.03	0.72	22.62	7.70	573.41	88.42	0.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	Pag. di 131

### coefficienti parziali

SLU	caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
		permanenti	temporane e variabili	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
							$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
		sfavorevoli		sfavorevoli					
○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
○	<b>Sismica</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.40</b>	<b>1.10</b>	<b>1.40</b>
○	--	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	$\phi'$	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.62	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016	

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

Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	49.61	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	63.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	200.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	312.61	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	752.22	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.22	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	=	70.45	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	=	115.29	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	800.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	985.74	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	=	3772.38	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	3772.38	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	116 di 131

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas^+ = 166.40 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 158.70 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 50.04 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Spinta passiva sul dente

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

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 386.16 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 400.30 \quad (\text{kN/m})$$

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

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 29.10 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 70.03 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = Pt \cdot kv = 35.01 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) = 14.32 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) = 24.34 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) = 9.31 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 47.97 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) - (B - B5 / 2) \cdot 0.5) = 115.02 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2 / 3) - (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 115.02 \quad (\text{kNm/m})$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	117 di 131

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1149.88	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	257.83	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \text{tg}\phi_1'$	=	0.40	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.77	(-)	>	1.1			

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	5158.42	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	549.15	(kNm/m)					
$Fr = M_s / M_r$	=	9.39	(-)	>	1			

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1149.88	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	257.83	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	4609.27	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	-9.74	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	=	2.50	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.01	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d^* H_2'$	sovaccarico stabilizzante	=	27.00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	-0.01	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	7.98	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))}$	(1 in cond. nd)	=	10.68	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	=	20.74	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	10.90	(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.61	(-)
$i_c = i_q \cdot (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.57	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		=	0.48	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	604.82	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	4.20	(-)
			>	1.4

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	118 di 131

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$Sst2 = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1 - kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas = 154.47 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 147.32 \text{ (kN/m)}$$

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

- Componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 46.45 \text{ (kN/m)}$$

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

- 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 -

$$MSst1 = Sst2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 358.48 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 371.60 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 29.10 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 70.03 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = Pt \cdot kv = -35.01 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) = 14.32 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) = 24.34 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) = 9.31 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 47.97 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) + (B - B5 / 2) \cdot 0.5) = 466.20 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2 / 3) + (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 466.20 \text{ (kNm/m)}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	119 di 131

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1076.27	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	246.45	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \phi_1'$	=	0.40	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.73	(-)	>	1.1			

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	5129.72	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	872.65	(kNm/m)					
$F_r = M_s / M_r$	=	5.88	(-)	>	1			

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1076.27	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	246.45	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	4257.08	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	48.00	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	=	2.50	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.01	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	27.00	(kN/m²)
$e = M / N$	eccentricità	=	0.04	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	7.91	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \cdot \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	10.68	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$	( $2 + \pi$ in cond. nd)	=	20.74	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	(0 in cond. nd)	=	10.90	(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.61	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.57	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		=	0.47	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	592.79	(kN/m²)
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	4.36	(-)

> 1.4

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
OPERE D'ARTE MINORI  
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	120 di 131

### 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 = 6.00 (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

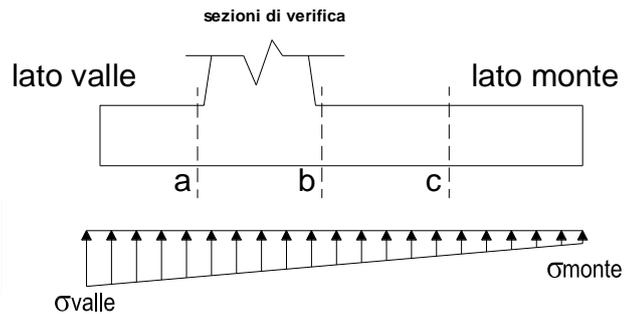
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 8.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 10.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	1149.88	-9.74	142.82	144.65
sisma-	1076.27	48.00	139.03	130.03

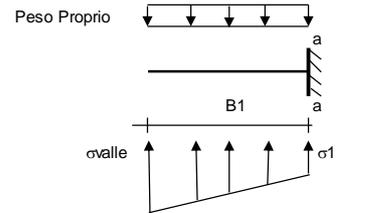


##### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 25.00 (kN/m)

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

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	$M_a$	$T_a$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sisma+	142.82	143.05	58.37	116.77
sisma-	139.03	137.91	57.41	114.45



##### Mensola Lato Monte

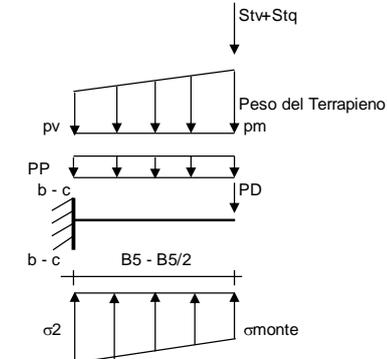
PP = 25.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

pm = 126.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 126.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 126.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm k_v)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm k_v) \cdot B^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm k_v) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm k_v)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm k_v) \cdot (B/2)^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm k_v) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	$M_b$	$\sigma_{2c}$	$M_c$	$T_b$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sisma+	144.65	143.29	-545.25	143.97	-209.98	-133.98
sisma-	130.03	136.75	-485.79	133.39	-195.76	-109.61



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

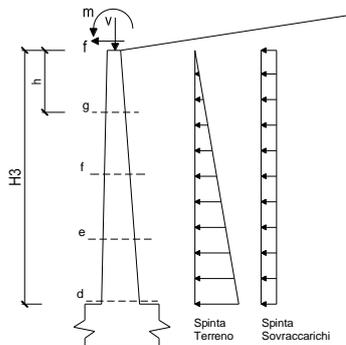
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	121 di 131

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.22	(-)	S	1.37	(-)	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)				
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $bm = var.$		Categoria di suolo			
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.0931	(-)				
coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.0465	(-)					
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.25	(-)	0.246			
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.235	(-)				
	componente verticale	$k_{av}$	=	0.07	(-)				
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	=	0.30	(-)	0.298			
	componente orizzontale	$k_{ash+}$	=	0.28	(-)				
	componente verticale	$k_{asv+}$	=	0.09	(-)				
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	=	0.30	(-)	0.304			
	componente orizzontale	$k_{ash-}$	=	0.29	(-)				
componente verticale	$k_{asv-}$	=	0.09	(-)					

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	T <sub>t</sub> [kN/m]	T <sub>q</sub> [kN/m]	T <sub>ext</sub> [kN/m]	T <sub>inerzia</sub> [kN/m]	T <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	118.20	0.00	0.00	10.48	128.68
e-e	4.73	66.49	0.00	0.00	7.00	73.48
f-f	3.15	29.55	0.00	0.00	4.09	33.64
g-g	1.58	7.39	0.00	0.00	1.75	9.14

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	M <sub>t</sub> [kNm/m]	M <sub>q</sub> [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>t</sub> [kN/m]	N <sub>q</sub> [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	372.32	0.00	0.00	28.17	400.49	37.27	0.00	0.00	117.85	155.12
e-e	4.73	157.07	0.00	0.00	14.48	171.56	20.96	0.00	0.00	78.66	99.62

#### condizione sismica -

sezione	h [m]	M <sub>t</sub> [kNm/m]	M <sub>q</sub> [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>t</sub> [kN/m]	N <sub>q</sub> [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	345.63	0.00	0.00	28.17	373.80	34.60	0.00	0.00	107.37	141.97
e-e	4.73	145.81	0.00	0.00	14.48	160.30	19.46	0.00	0.00	71.66	91.12
f-f	3.15	43.20	0.00	0.00	5.83	49.03	8.65	0.00	0.00	41.86	50.51
g-g	1.58	5.40	0.00	0.00	1.31	6.71	2.16	0.00	0.00	17.97	20.14

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

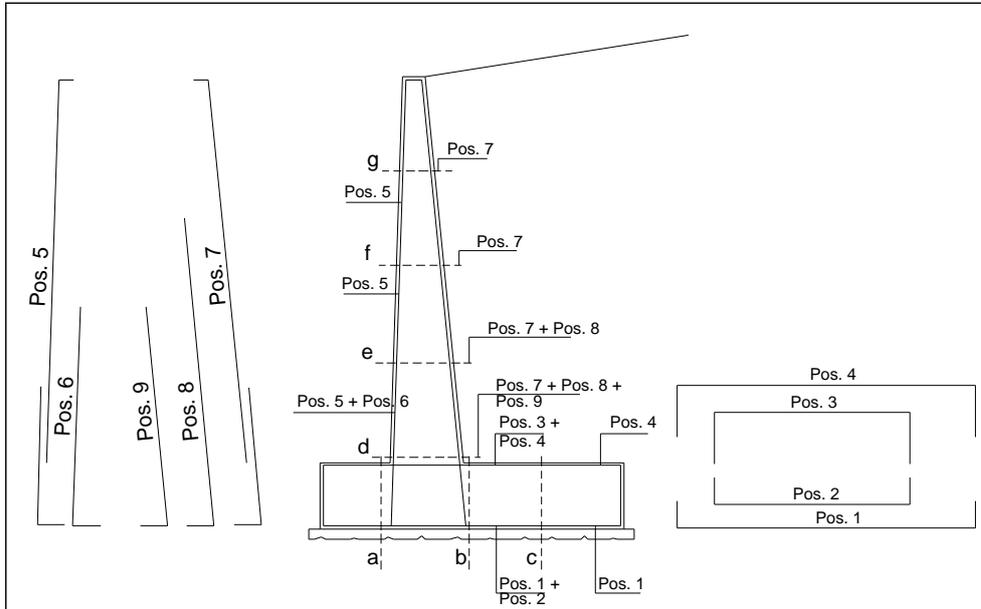
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 122 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

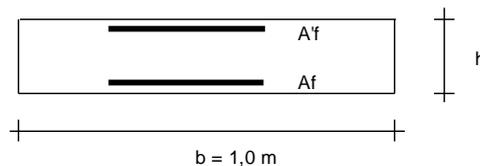


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	24
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	A'f (cm <sup>2</sup> )	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
(-)									
a - a	58.37	0.00	124.48	1.00	15.71	53.09	561.36	0.00	265.12
b - b	-545.25	0.00	-138.67	1.00	53.09	15.71	1824.33	0.00	397.87
c - c	-209.98	0.00	-69.34	1.00	26.55	15.71	934.95	0.00	315.79
d - d	400.49	155.12	10.48	1.03	38.33	7.70	1438.08	155.12	393.86
e - e	171.56	99.62	7.00	0.87	38.33	7.70	1171.74	99.62	352.42
f - f	52.37	55.26	1.75	0.72	22.62	7.70	563.73	55.26	0.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	123 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno o Valle
SLU							$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$	
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	<b>EQU+M2+R2</b>	<b>1.10</b>	<b>1.50</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>1.40</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
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	$\phi'$	=	29.26	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	14.63	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	2.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	17.59	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.370	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.376	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.866	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.737	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.724	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	150.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	49.61	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	63.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	200.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	312.61	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	752.22	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.22	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	=	70.45	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	=	115.29	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	800.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	985.74	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	=	3772.38	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	3772.38	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 124 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 182.01 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 339.99 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 176.11 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 328.97 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 45.97 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 85.86 \quad (\text{kN/m})$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 428.53 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 367.72 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 1200.75 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 686.90 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### 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 AL RIBALTAMENTO ( EQU+M2+R2 )

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 5336.93 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 1629.28 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.28 \quad (-) > 1$$

si  no Fe B 44 k ▼

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	125 di 131

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante $\gamma_R$	Scorrimento $\gamma_R$	Res.Terreno Valle $\gamma_R$
UL	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SL	○	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	$\phi'$	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	17.50	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	2.50	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.62	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d$	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.298
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.30	(-)	0.304
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.167
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.030
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.02	(-)	2.016

Valori di Normativa

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	100.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	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 <sup>2</sup> )
	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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	49.61	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	63.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	200.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	312.61	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	752.22	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.22	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	70.45	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	115.29	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	800.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	985.74	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	3772.38	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	3772.38	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

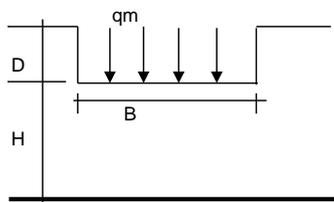
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	VBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 126 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### **CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

$$\begin{aligned} D &= 1.50 \quad (\text{m}) \\ D/B^* &= 0.19 \quad (\text{m}) \\ H/B^* &= 2.02 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2^*e) = N / B^* = 146.60 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma  $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.954 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità  $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.67 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 23.01 \quad (\text{mm})$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 127 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	49.61	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	63.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	200.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	312.61	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	=	752.22	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	752.22	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	70.45	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	115.29	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	800.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	985.74	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	3772.38	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	3772.38	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	128 di 131

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 131.16 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 179.67 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 125.09 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 171.35 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 39.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 54.03 \quad (\text{kN/m})$$

Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 304.38 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 315.52 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 625.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 432.22 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### 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)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1158.30 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 5505.87 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 929.82 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4576.04 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 57.16 \quad (\text{kNm/m})$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
 OPERE D'ARTE MINORI  
 Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord  
 Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 129 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

#### CALCOLI STATICI

##### DATI DI PROGETTO:

###### Caratteristiche dei Materiali

###### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

fctm = 0.30\*(0.83\*Rck)<sup>1/2</sup> = 2.56 (MPa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

###### Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 6.00 (cm)

###### Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c<sub>min</sub> = 2.00 (cm)

###### Valore limite di apertura delle fessure

w<sub>1</sub> = 0.2

###### Acciaio

tipo di acciaio = B450C

f<sub>yk</sub> = 450 (MPa)

E<sub>s</sub> = 210000 (MPa)

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

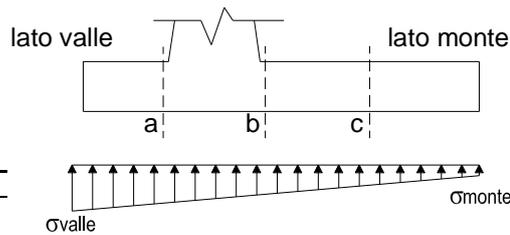
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = b \cdot h = 8.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 10.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	1158.30	57.16	150.15	139.43
sisma+	1151.25	-4.67	143.47	144.34
sisma-	1074.88	42.83	138.38	130.34

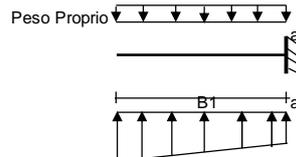


###### Mensola Lato Valle - Schema Statico

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	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	M <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	150.15	148.81	62.35



###### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 25.00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

p<sub>m</sub> = 126.00 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vb</sub> = 126.00 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vc</sub> = 126.00 (kN/m<sup>2</sup>)

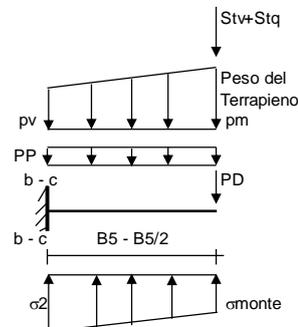
$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(St_v + Sq_v) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) - (B_5 - Bd) / 2 - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + Ms_p + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 +$$

$$-(St_v + Sq_v) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + Ms_p + Sp \cdot H_2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	M <sub>b</sub>	$\sigma_{2c}$	M <sub>c</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	139.43	147.43	-716.70	143.43	-324.61



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

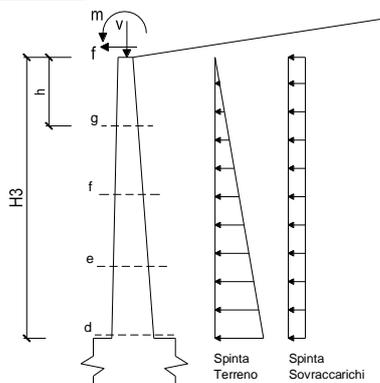
Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0038	REL	01	F	130 di 131

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

#### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S = 1.37 Categoria di suolo	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no					bm = var.
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0931	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0465	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	0.246	
	componente orizzontale	kah	=	0.23	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	0.298	
	componente orizzontale	kash+	=	0.28	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.30	(-)	0.304	
	componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)			

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.30	195.65	465.82	0.00	661.47	29.37	46.63	0.00	112.61	188.61
e-e	4.73	82.54	262.03	0.00	344.56	16.52	34.97	0.00	75.16	126.65
f-f	3.15	24.46	116.46	0.00	140.91	7.34	23.31	0.00	43.90	74.56
g-g	1.58	3.06	29.11	0.00	32.17	1.84	11.66	0.00	18.85	32.34

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

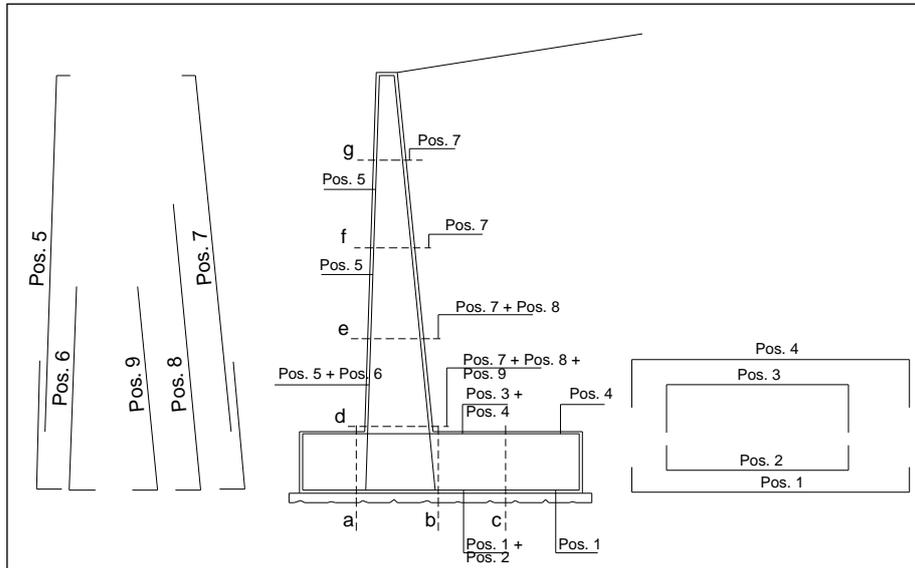
OPERE D'ARTE MINORI

Muro di sottoscarpa rampa svincolo di Camerino Nord

Relazione tecnica di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0038	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. F	Pag.di Pag. 131 di 131
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

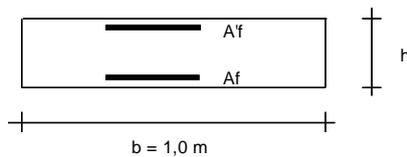


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	14
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	26	7	5.0	24
4	5.0	26	8	5.0	20
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



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

### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	62.35	0.00	1.00	15.71	53.09	0.57	44.80	0.058	0.200
b - b	-716.70	0.00	1.00	53.09	15.71	5.02	159.90	0.163	0.200
c - c	-324.61	0.00	1.00	26.55	15.71	2.91	140.92	0.173	0.200
d - d	661.47	188.61	1.03	38.33	7.70	5.32	174.64	0.172	0.200
e - e	344.56	126.65	0.87	38.33	7.70	3.70	108.54	0.095	0.200
f - f	140.91	74.56	0.72	22.62	7.70	2.58	89.36	0.089	0.200