


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

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

**PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO**

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

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

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

<p><b>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b></p> <p>3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia</p> <p><b>OPERE D'ARTE MINORI</b> SOTTOVIA - Nuovo sottovia S.C. Rustano al Km 1+120 Relazione tecnica e di calcolo muri d'ala</p>	<p>SCALA: ---</p> <p>DATA: Novembre 2021</p>
--	--

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

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

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 1 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
1.2 UNITÀ DI MISURA.....	6
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE .....	7
3.2 COPRIFERRI .....	8
3.3 BIBLIOGRAFIA .....	9
<b>4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>10</b>
4.1 MODELLO GEOTECNICO .....	11
<b>5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI .....</b>	<b>12</b>
5.1 ANALISI DEI CARICHI .....	12
5.1.1 Peso proprio.....	12
5.1.2 Spinta del terreno.....	12
5.1.3 Spinta in presenza di falda.....	12
5.1.4 Spinta del sovraccarico .....	13
5.1.5 Azioni Sismiche.....	13
5.1.6 Forze d'inerzia .....	13
5.1.7 Spinta sismica terreno .....	14
5.2 COMBINAZIONI DI CARICO .....	15
5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI.....	15
5.2.2 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita.....	17
5.2.3 Stati Limite di Esercizio .....	18
<b>6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA.....</b>	<b>21</b>
6.1 VERIFICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE DIRETTA .....	21
<b>7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI SU FONDAZIONE DIRETTA ...</b>	<b>23</b>
7.1 SCHEMA DI CALCOLO .....	23
7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI DIRETTE .....	25
7.3 CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	27
7.3.1 Verifiche per gli stati limite ultimi .....	27
7.3.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	29
7.3.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	30
7.4 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI MURO .....	32
7.4.1 Concio 1.....	33
7.4.2 Concio 2.....	35
7.4.3 Concio 3.....	37
<b>8. VELETTA DI CHIUSURA MURI .....</b>	<b>39</b>
<b>9. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2) .....</b>	<b>45</b>
9.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI .....	47
<b>ALLEGATO 1.....</b>	<b>49</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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 2 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 1 .....	49
<b>ALLEGATO 2</b> .....	<b>74</b>
TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 2 .....	74
<b>ALLEGATO 3</b> .....	<b>100</b>
TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 3 .....	100

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 3 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

## 1. PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto Ddi 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)

Oggetto della trattazione nel seguito esposta è in particolare il dimensionamento strutturale e geotecnico dei muri d'ala del sottovia S.C. Rustano al km 1+120. I muri si rendono necessari per il sostegno del rilevato stradale a monte del sottovia.

Si riporta uno stralcio plano altimetrico dell'opera (Figura 1.1, 1.2 e 1.3):



**Figura 1.1 – Stralcio Planimetrico**

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 4 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

#### SEZIONE LONGITUDINALE H-H Pr. 1+115.10

Scala 1:50

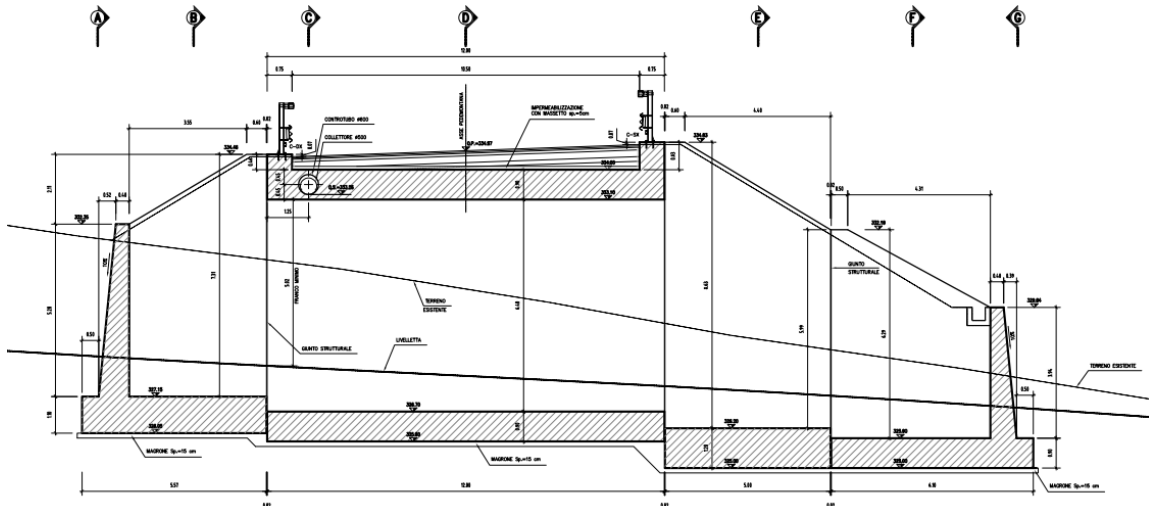


Figura 1.2 – Profilo

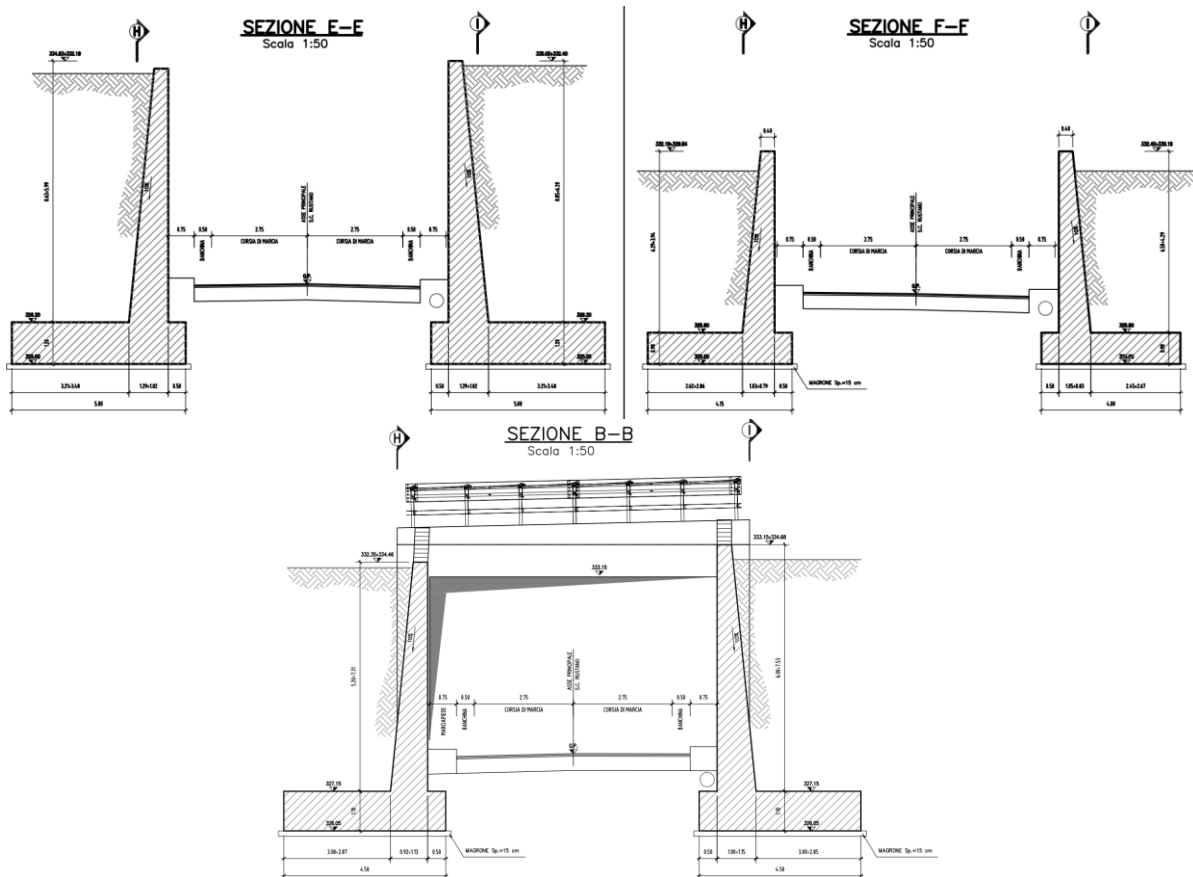


Figura 1.3 – Sezioni trasversali

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 5 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

## 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

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

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

- 1) Concio 1 - Sez. E-E: altezza di calcolo pari a  $5.99+(8.63-5.99)*2/3 \cong 8.00$  m;
- 2) Concio 2 - Sez. F-F: altezza di calcolo pari a  $4.29+(6.50-4.29)*2/3 \cong 5.80$  m;
- 3) Concio 3 - Sez. B-B: altezza di calcolo pari a  $6.00+(7.53-6.00)*2/3 \cong 7.05$  m

Si riportano di seguito le sezioni trasversali:

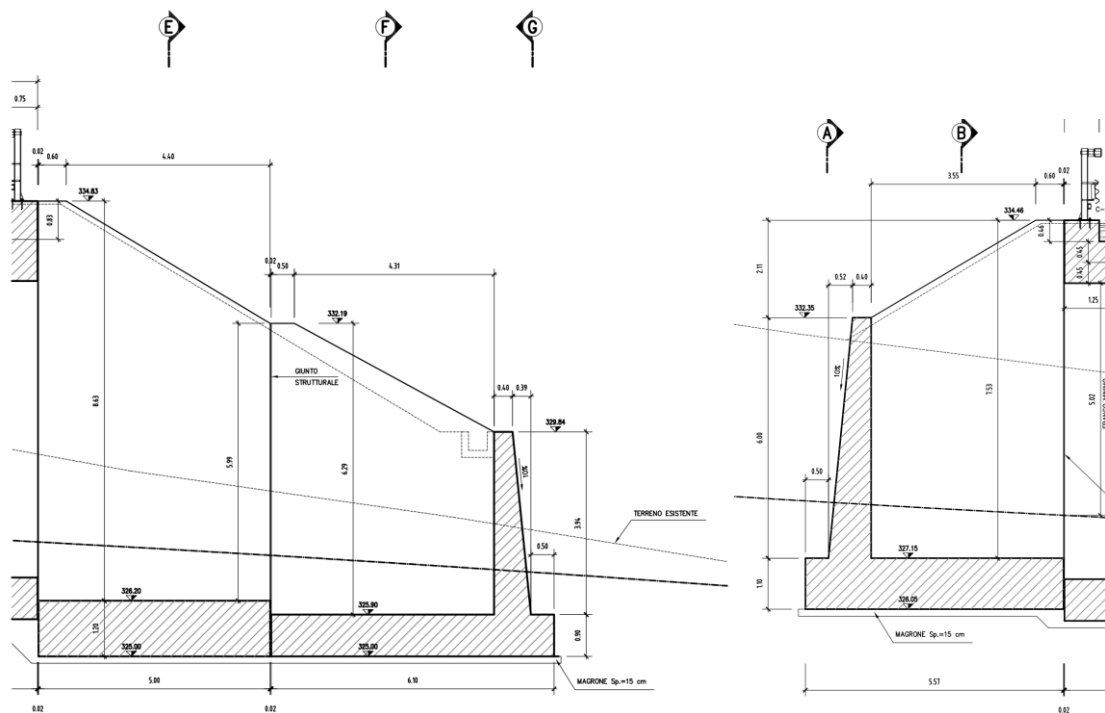


Figura 1.4 – Sezioni trasversali (Concio 1, 2 e 3)

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 6 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

## 1.2 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, cm,
- per i carichi ⇒ kN, kN/m<sup>2</sup>, kN/m<sup>3</sup>
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ kPa, Mpa

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- **D.M. 14/01/2008.**  
Norme tecniche per le costruzioni.
- **Circolare del 02/02/2009.**  
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008.
- **UNI EN 206-1-2001:** Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- **UNI 11104-2004:** Specificazione, prestazione, produzione e conformità: Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **Linee Guida sul calcestruzzo strutturale** - Servizio Tecnico Centrale dei Lavori Pubblici – dicembre 1996 (L.G.S.T.C.)

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 7 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

## 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

### 3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE

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

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

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

- **CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO PER LE FONDAZIONI**

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

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 8 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

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

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

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

### 3.2 COPRIFERRI

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

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

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

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

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

Tab 4.1.III – DM 14.01.08

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 9 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	--------------------------

**Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm**

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

**Tab C4.1.IV – Circolare n° 617/09**

### 3.3 BIBLIOGRAFIA

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 10 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno interagente con le fondazioni delle opere oggetto di dimensionamento nel presente documento, si è fatto riferimento a quanto dettagliatamente indicato nella Relazione Geotecnica, alla carta geologica tav. 1 di 4 doc. 02-GE000PLA01 e nel Profilo Geotecnico Generale di Progetto TAV. 1 DI 8 doc. 02-GE0001PRF01, da cui si evince che le formazioni più superficiali che interagiscono con le fondazioni, sono generalmente costituite dalle unità geotecniche **Ecla**, **Salt** e **Ap**, 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 Salt – Substrato alterato argilloso limoso

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

#### Unità Ap – substrato arenaceo pelitico

$\gamma = 23.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\sigma_c = 1 \div 30 \text{ (10) MPa}$	resistenza a compressione assiale (media)
$E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa per } z < 40\text{m}$	modulo di deformazione elastico operativo
$E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z \text{ MPa per } z > 40\text{m}$	

Z [m]	c' [kPa]	$\phi'$ [°]
15	70	36
25	95	32
50	140	27
75	175	25

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 11 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 4.1 MODELLO GEOTECNICO

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

LITOTIPO		POTENZA in asse stdada	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E_{op}$
		m	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	MPa
Unità Ag – Depositi eluvio colluviali limoso argillosi	Ecla	9.00	19	10	25	23
Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso	Salt	2.50	19	10	26	130
Unità Ap – Substrato arenaceo pelitico	Ap	In poi	23.5	85	36	150

La falda è posta ad intradosso fondazione.

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

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

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

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

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

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 12 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI

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

### 5.1 ANALISI DEI CARICHI

#### 5.1.1 Peso proprio

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

#### 5.1.2 Spinta del terreno

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

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

Per il concio 5, essendo un concio di chisura, le azioni, spinta del terreno e dell'accidentale, sono state valutate considerando sull'intero sviluppo della parete (10 m) e le risultanti ripartite sulla lunghezza del plinto di fondazione (12.68 m).

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

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

#### 5.1.3 Spinta in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 13 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

volume dell'acqua.

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

#### 5.1.4 Spinta del sovraccarico

Viso la vicinanza della sede stradale a monte della parete si è considerato un sovraccarico stradale pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

#### 5.1.5 Azioni Sismiche

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

#### 5.1.6 Forze d'inerzia

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v * W$

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

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

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 14 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

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

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

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

#### 5.1.7 Spinta sismica terreno

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

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

 <b>QUADRILATERO</b> Marche Umbria S.p.A.	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia</b> OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala							
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A

## 5.2 COMBINAZIONI DI CARICO

### 5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI

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

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

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

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

- Combinazione 1: A1+M1+R3

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

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

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

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

- ❖ Verifica del muro di sostegno

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

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



### 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 16 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

SLU di tipo strutturale

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 17 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

Sono stati considerati i seguenti Stati Limite.

#### 5.2.2 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita

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

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

dove:

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;

g<sub>G</sub>, g<sub>Q</sub>, g<sub>P</sub> coefficienti parziali come definiti nella Tab. 6.2.I del DM 14 gennaio 2008;

ψ<sub>0i</sub> 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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 18 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

considerata sollecitazione di base ( $Q_{k1}$  nella formula precedente).

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

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

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

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- $G_1$  rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $P_k$  rappresenta pretensione e precompressione;
- $\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione delle azioni variabili  $Q_i$ ;
- $Q_{ki}$  valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ .

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

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

### 5.2.3 Stati Limite di Esercizio

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 19 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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:

**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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 20 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 21 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA

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

### 6.1 VERIFICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE DIRETTA

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

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

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

dove:

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

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

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

$$\gamma_w x h_w$$

Allo stesso modo, per falda presente nel volume di terreno potenzialmente interessato dal meccanismo di rottura, il  $\gamma_2$  del terzo termine della trinomia corrisponde al peso di volume efficace della terreno di fondazione  $\gamma_2'$

$\gamma_2' (\gamma_2')$  = peso di volume dello strato di fondazione;

$\gamma_w$  = peso di volume falda

$h_w$  = quota falda rispetto al piano di posa della fondazione

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

$e$  = eccentricità del carico rispetto al baricentro della fondazione

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

$c$  = coesione efficace dello strato di fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 22 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

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

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

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

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

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

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

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

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$\theta$  = inclinazione della risultante sulla verticale;

$D$  = profondità della fondazione.

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

$i_\gamma = 0$

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

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

Dove:

$Q_d$  : carico di Progetto in fondazione

$Q_{lim}$  : Portanza limite caratteristica della fondazione

$\gamma_r$  : Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'approccio di progetto considerato

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 23 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI SU FONDAZIONE DIRETTA

### 7.1 SCHEMA DI CALCOLO

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

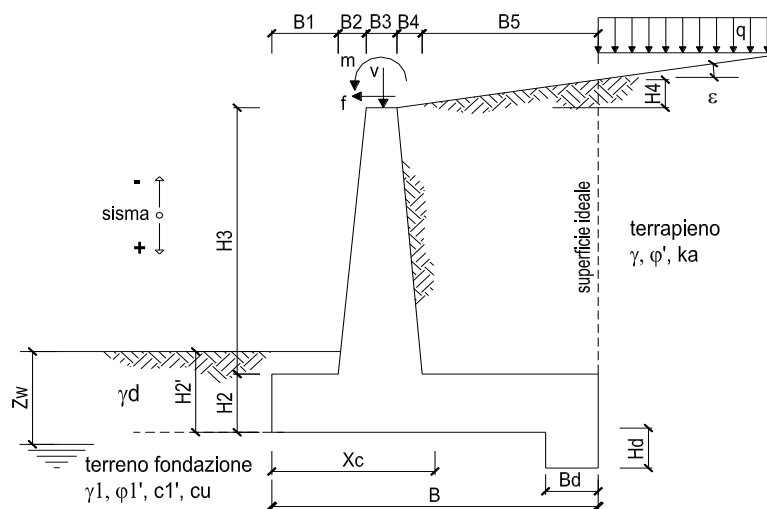


Figura 7.1 – Schema di calcolo

**OPERA** Hmuro = 8.00 m

**DATI DI PROGETTO:**

#### **Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	8.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.80	(m)

#### **Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	5.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.20	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.30	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.50	(m)

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

Concio 1



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 24 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

**OPERA** Hmuro = 5.80 m

**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	5.80	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.58	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	4.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.90	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.52	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.00	(m)

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

**Concio 2**

**OPERA** Hmuro = 7.05 m

**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	7.05	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.71	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	4.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.90	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.25	(m)

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

**Concio 3**

**Figura 7.2 – Geometria 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 25 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI DIRETTE

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate negli allegati 1, 2 e 3:

### CONCIO 1:

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P</sub> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	15.08
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> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.54	> 1.10	3.38	> 1.10	2.19	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.39	> 1.10	3.12	> 1.10	1.80	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.37	> 1.10	2.69	> 1.10	1.83	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	2.68	> 1.10	-	-	-

### CONCIO 2:

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P</sub> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	8.37
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> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.54	> 1.10	3.68	> 1.10	2.92	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.45	> 1.10	3.65	> 1.10	2.61	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.44	> 1.10	3.08	> 1.10	2.68	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	2.89	> 1.10	-	-	-

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 26 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CONCIO 3:

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	-	-	-	-	-	-	11.90
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	1.51	> 1.10	3.38	> 1.10	2.31	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.39	> 1.10	3.21	> 1.10	1.97	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.38	> 1.10	2.77	> 1.10	2.01	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	2.67	> 1.10	-	-	-

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia</b> OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala							
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A

## 7.3 CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

### 7.3.1 Verifiche per gli stati limite ultimi

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

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

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

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

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

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

 <b>QUADRILATERO</b> Marche Umbria S.p.A.	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia</b> OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala								
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 28 di 127

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 29 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### 7.3.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

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

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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

•  $A_{sl}$  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;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 30 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ;
- $1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  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;
- $f_{ywd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;
- $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;
- $\alpha_{cw} = 1$  è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

#### 7.3.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  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 2018.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 31 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

**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:

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

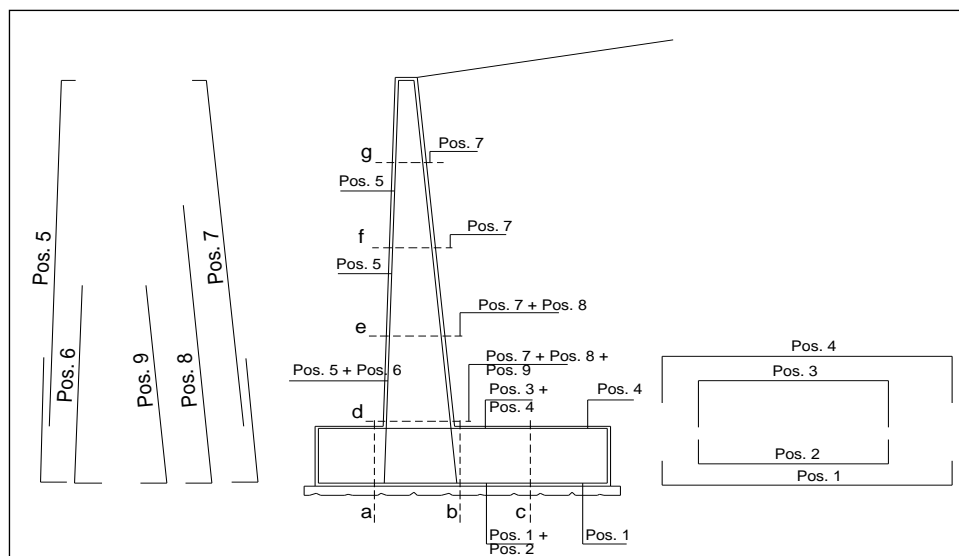
Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 32 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## 7.4 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI MURO

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

### SCHEMA DELLE ARMATURE



Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 14/01/2008 utilizzando i coefficienti parziali riportati nella 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

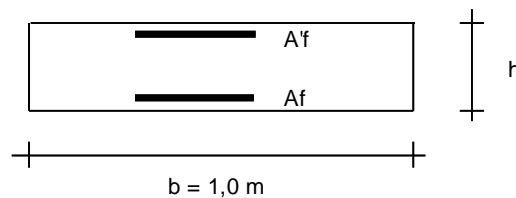
#### 7.4.1 Concio 1

##### ARMATURE

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

Calcola

##### VERIFICHE



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

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

##### SLU- A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-929.89	0.00	-353.72	1.20	31.42	15.71	1344.24	0.00	405.59
d - d	798.13	309.54	269.17	1.20	31.42	10.05	1502.88	309.54	412.54

#### 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)
b - b	-749.49	0.00	-242.82	1.20	31.42	15.71	1344.24	0.00	405.59
d - d	861.54	280.22	217.90	1.20	31.42	10.05	1487.94	280.22	412.54

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

Verifica a taglio sez. b-b				Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio				Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato				- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	405.59	kN		$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	412.54	kN	
<b>VEd =</b>	<b>353.72</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>	<b>VEd =</b>	<b>269.17</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>
con:				con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.419		$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.419		$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>		$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.341	N/mm <sup>2</sup>		$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.295	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>		$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>		$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00276		$\leq 0,02$	$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00276		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm		copriferro =	62.00	mm	
d =	1138.00	mm		d =	1138	mm	
H =	1200.00	mm		H =	1200.00	mm	
bw =	1000	mm		bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	3142	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20	A <sub>sl</sub> =	3142	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN		N <sub>Ed</sub> =	309.54	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$	$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.258	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

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

#### 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)
b - b	-484.82	0.00	1.20	31.42	15.71	3.02	146.73	0.134	0.200
d - d	589.22	271.60	1.20	31.42	10.05	3.95	140.99	0.129	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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

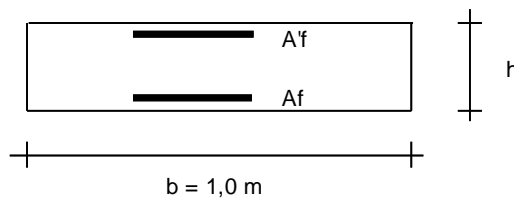
#### 7.4.2 Concio 2

##### ARMATURE

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

Calcola

##### VERIFICHE



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

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

##### SLU - A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-377.74	0.00	-193.37	0.90	22.62	15.71	709.27	0.00	310.92
d - d	338.99	185.33	153.50	0.98	15.71	10.05	627.87	185.33	287.98

#### 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)
b - b	-276.95	0.00	-123.23	0.90	22.62	15.71	709.27	0.00	310.92
d - d	332.68	163.99	116.04	0.98	15.71	10.05	618.71	163.99	287.98

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio sez. b-b				Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio				Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato				- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	310.92	kN		$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	287.98	kN	
<b>VEd =</b>	193.37	kN	ok	<b>VEd =</b>	153.50	kN	ok
con:				con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.489		$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.467		$\leq 2$
<b>Rck =</b>	40	N/mm <sup>2</sup>		<b>Rck =</b>	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.366	N/mm <sup>2</sup>		$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.310	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>		$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>		$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00270		$\leq 0,02$	$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00171		$\leq 0,02$
<b>copriferro =</b>	62.00	mm		<b>copriferro =</b>	62.00	mm	
<b>d =</b>	838.00	mm		<b>d =</b>	918	mm	
<b>H =</b>	900.00	mm		<b>H =</b>	980.00	mm	
<b>bw =</b>	1000	mm		<b>bw =</b>	1000	mm	
<b>Asl =</b>	2262	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 24	<b>Asl =</b>	1571	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	0.00	kN		<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	185.33	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$	$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.189	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

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

#### 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)
b - b	-190.01	0.00	0.90	22.62	15.71	2.18	108.56	0.137	0.200
d - d	247.77	163.16	0.98	15.71	10.05	3.01	135.97	0.180	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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 37 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

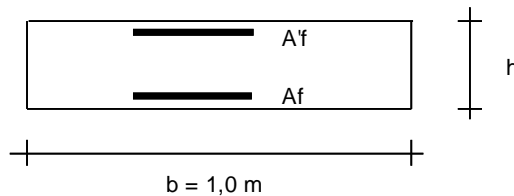
#### 7.4.3 Concio 3

##### ARMATURE

pos	n°/ml	$\phi$	pos	n°/ml	$\phi$
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	16
			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

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

##### SLU - A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-643.64	0.00	-281.65	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
d - d	568.45	252.27	215.34	1.11	25.76	10.05	1132.31	252.27	365.44

#### 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)
b - b	-504.76	0.00	-191.34	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
d - d	592.40	226.39	170.01	1.11	25.76	10.05	1119.98	226.39	365.44

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 38 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio sez. b-b				Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio				Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato				- Verifica del conglomerato			
$V_{Rd} = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \alpha_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$	362.01	kN		$V_{Rd} = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \alpha_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$	365.44	kN	
$V_{Ed} =$	281.65	kN	ok	$V_{Ed} =$	215.34	kN	ok
con:				con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.439		$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.438		$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>		$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.348	N/mm <sup>2</sup>		$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.301	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>		$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>		$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) =$	0.00248		$\leq 0,02$	$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) =$	0.00247		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm		copriferro =	62.00	mm	
d =	1038.00	mm		d =	1043	mm	
H =	1100.00	mm		H =	1105.00	mm	
b <sub>w</sub> =	1000	mm		b <sub>w</sub> =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	2576	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 16	A <sub>sl</sub> =	2576	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN		N <sub>Ed</sub> =	252.27	kN	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$	$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.228	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

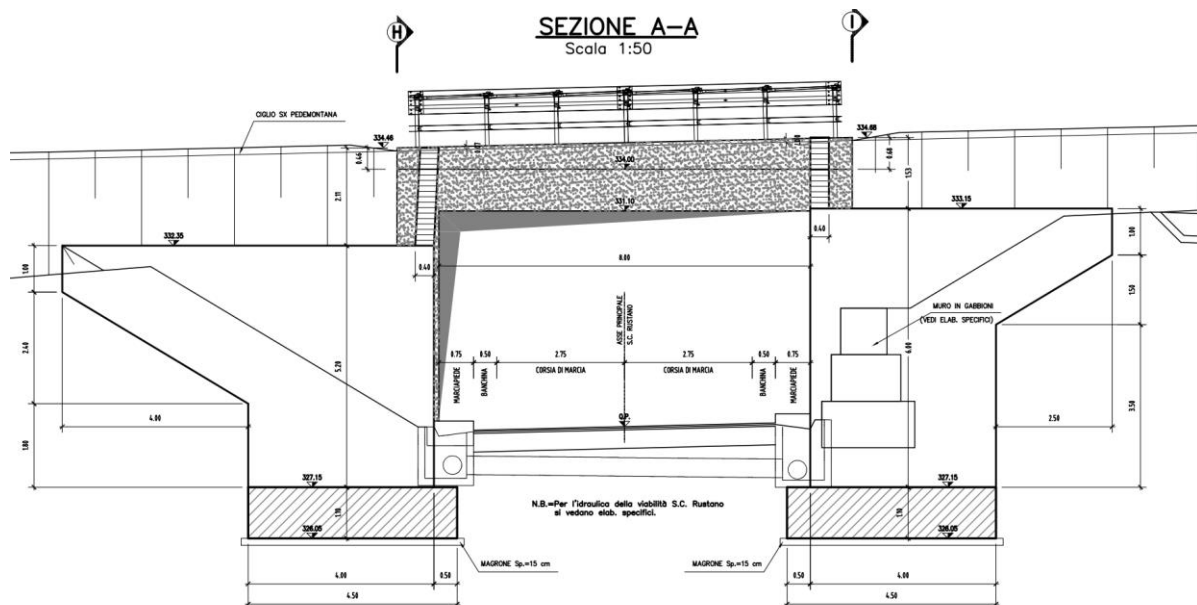
### SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio: stato tensionale e fessurativo)

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)
b - b	-336.00	0.00	1.10	25.76	15.71	2.61	135.52	0.133	0.200
d - d	418.07	221.63	1.11	25.76	10.05	3.46	130.00	0.128	0.200

## 8. VELETTA DI CHIUSURA MURI

### Geometria e analisi dei carichi

Di seguito si riporta il calcolo e la verifica della veletta di chiusura dei muri d'ala del sottovia.



**Fig. 8.1 – Prospetto velette di chiusura**

Si adotta un modello di calcolo a piastra di spessore variabile da 40 cm in testa a massimo 100 cm allo spiccatto della veletta in destra e 92 cm allo spiccatto della veletta in sinistra, di dimensioni indicate nella figura precedente e vincolate sui lati all'elevazione dei muri d'ala e alla fondazione dei muri stessi, mentre sugli altri lati è libera.

E' soggetta, oltre al peso proprio, alla spinta attiva del rilevato a tergo ( $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi' = 35^\circ$ ;  $k_a = 0.27$ ) e dell'accidentale stradale pari  $20 \text{ kN/m}^2$  in esercizio. In sismica è soggetta all'inerzia sismica della veletta, del terreno a tergo e all'incremento di spinta sismica del terreno valutata con Monobe-Okabe ( $k_{Ea} = 0.56$ ) applicata a metà altezza della veletta [ $1/2(k_{Ea} - K_a)\gamma H^2/H$ ].

Lo studio viene effettuato con l'ausilio del programma agli elementi finiti SAP2000, di cui si riporta lo schema statico:



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

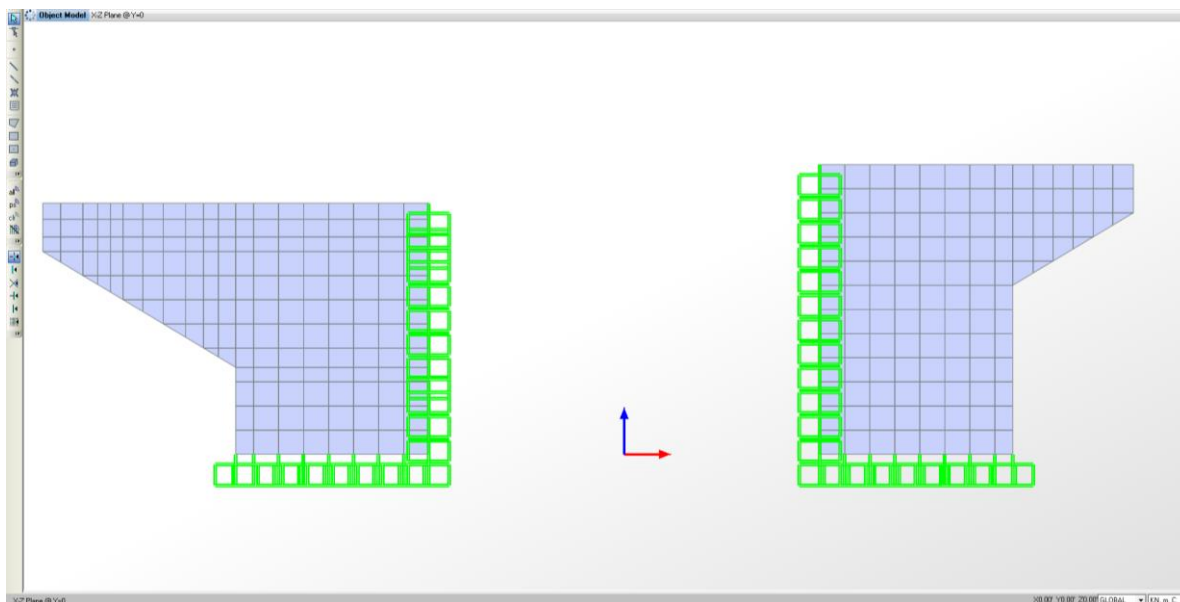
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001		02	A	40 di 127



**Fig. 8.2 – Schema statico veletta**

#### **Combinazioni dei carichi elementari**

Le combinazioni delle azioni elementari sono le seguenti:

SLU:  $1.3 \cdot \text{Peso proprio} + 1.3 \cdot \text{Spinta terreno} + 1.5 \cdot \text{Spinta accidentale}$

SLV:  $1.0 \cdot \text{Peso proprio} + 10 \cdot \text{Spinta terreno} + 1.0 \cdot \text{Incremento spinta sismica terreno} + 1.0 \cdot \text{Inerzia}$

SLE:  $1.0 \cdot \text{Peso proprio} + 1.0 \cdot \text{Spinta terreno} + 1.0 \cdot \text{Spinta accidentale}$

SLF:  $1.0 \cdot \text{Peso proprio} + 1.0 \cdot \text{Spinta terreno} + 0.75 \cdot \text{Spinta accidentale}$

QP:  $1.0 \cdot \text{Peso proprio} + 1.0 \cdot \text{Spinta terreno}$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

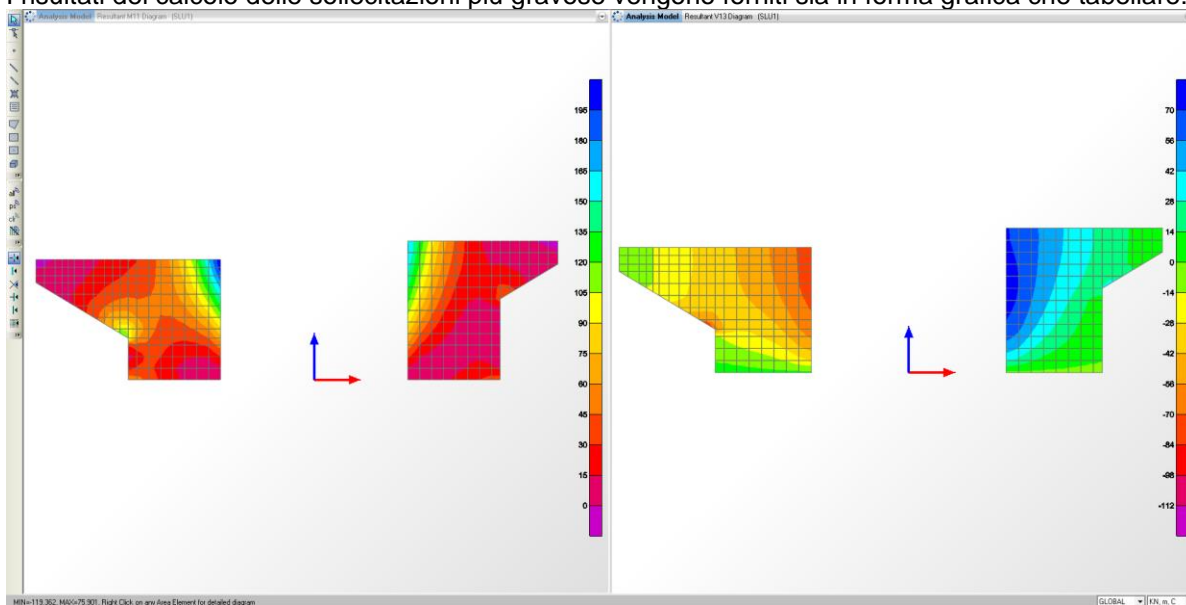
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

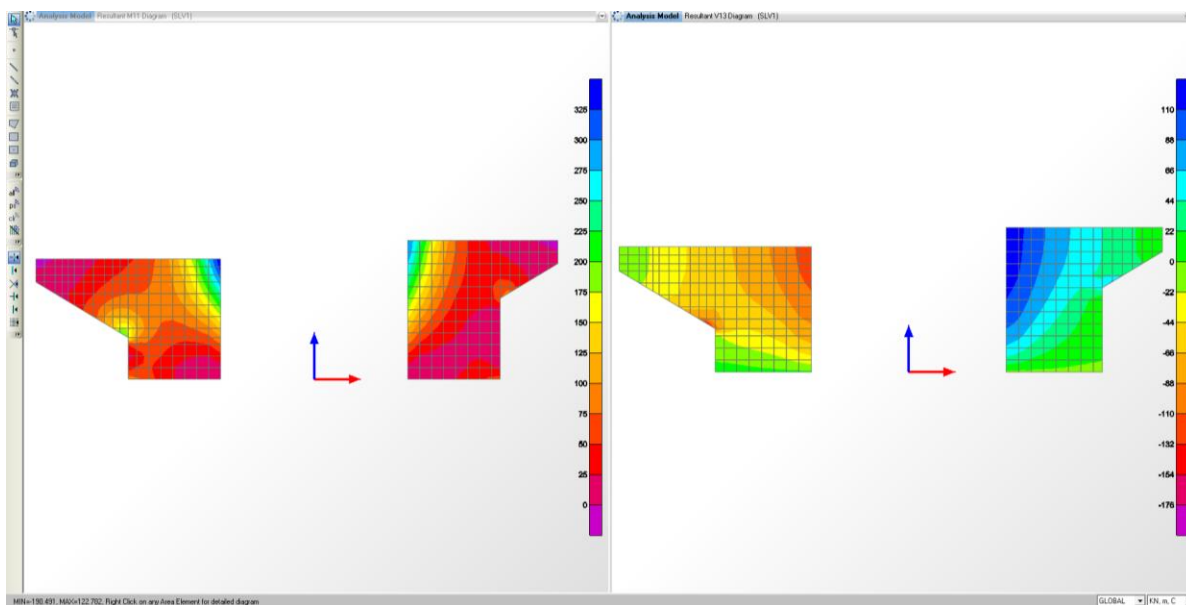
Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### Risultati del calcolo

I risultati del calcolo delle sollecitazioni più gravose vengono forniti sia in forma grafica che tabellare:



**Diagramma dei momenti e dei tagli che tendono le fibre orizzontali – SLU**



**Diagramma dei momenti e dei tagli che tendono le fibre orizzontali – SLV**

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

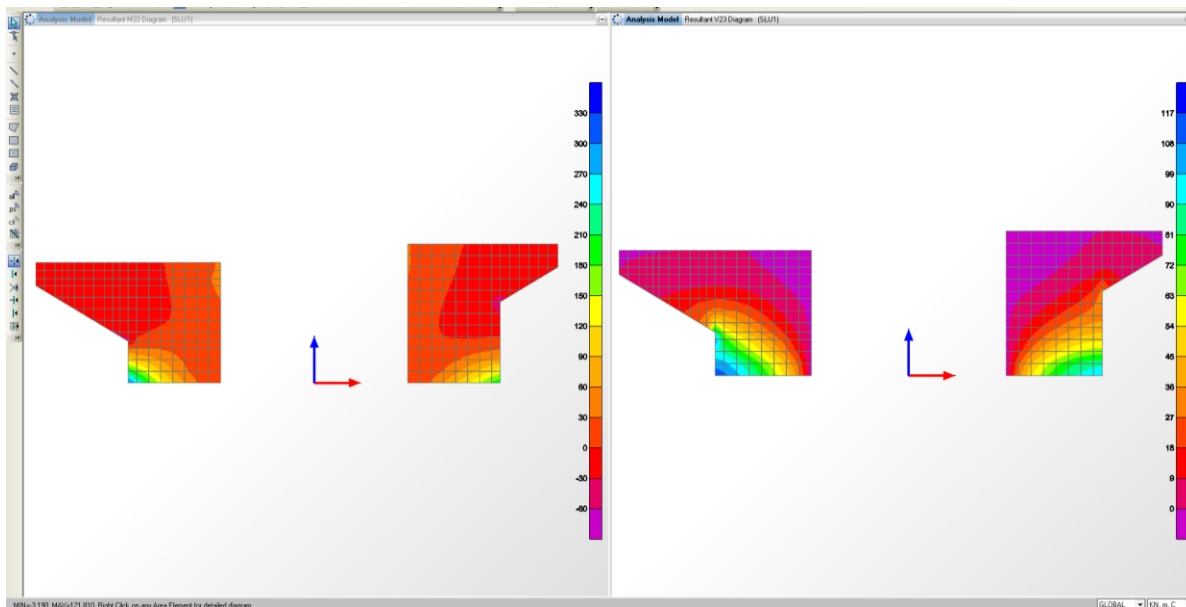
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

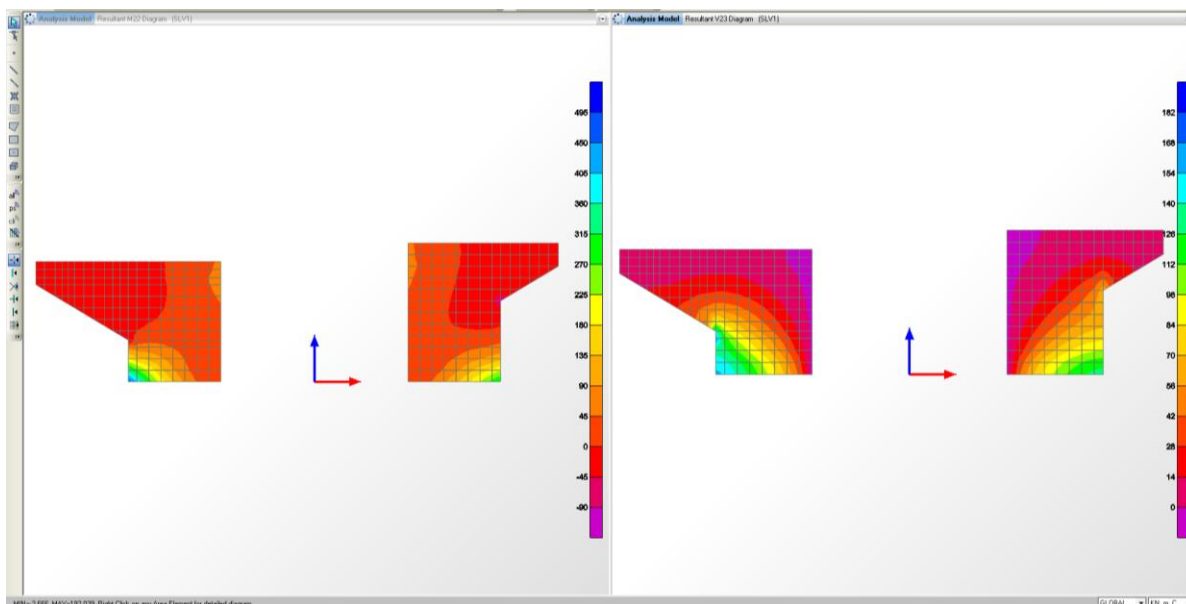
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 42 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------



**Diagramma dei momenti e dei tagli che tendono le fibre verticali – SLU**



**Diagramma dei momenti e dei tagli che tendono le fibre verticali – SLV**

Di seguito si riportano le tabelle con le sollecitazioni massime (M11 e V13: momento e taglio che tendono le fibre orizzontali; M22 e V23: momento e taglio che tendono le fibre verticali) ottenute mediando i valori, rappresentati nei diagrammi di cui sopra, su una fascia di un metro.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

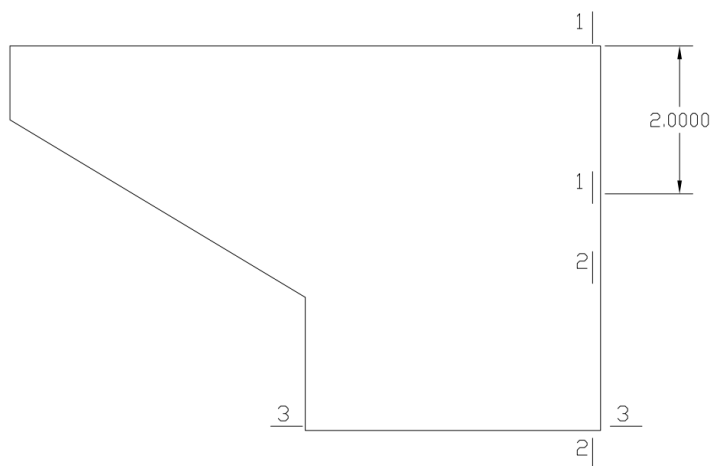
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 43 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------



	Sez. 1-1		Sez. 2-2		Sez. 3-3	
COMB.	M11 [kNm]	V13 [kN/m]	M22 [kNm]	V23 [kN/m]	M11 [kNm]	V13 [kN/m]
SLU	209	75	135	74	311	115
SLV	349	120	210	109	482	159
SLE	149	/	97	/	225	/
SLF	131	/	87	/	201	/
QP	76	/	56	/	131	/

#### Verifiche

SLU-SLV	H [cm]	Aa[cm <sup>2</sup> /m]	Aa'[cm <sup>2</sup> /m]	M [kNm]	T [kN/m]	MRd [kNm]	TRd [kN/m]
<b>Sez.1-1</b>	45	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	349	120	371	255
<b>Sez.2-2</b>	60	10.05 (1φ16/20)	10.05 (1φ16/20)	210	109	213	255
<b>Sez.3-3</b>	92	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	482	159	825	547

Le armature a taglio sono costituite da spille φ12/40x40.

MRd > M TRd > T

SLE	H [cm]	Aa[cm <sup>2</sup> /m]	Aa'[cm <sup>2</sup> /m]	M [kNm]	σc [MPa]	σf [MPa]
<b>Sez.1-1</b>	45	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	149	5.46	163.38
<b>Sez.2-2</b>	60	10.05 (1φ16/20)	10.05 (1φ16/20)	97	3.03	187.55
<b>Sez.3-3</b>	92	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	225	2.46	111.43

σc,lim=14.94 MPa; σf,lim= 360 MPa

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 44 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

SLF	H [cm]	Aa[cm <sup>2</sup> /m]	Aa'[cm <sup>2</sup> /m]	M [kNm]	w [mm]
Sez.1-1	45	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	131	0.11
Sez.2-2	60	10.05 (1φ16/20)	10.05 (1φ16/20)	87	0.23
Sez.3-3	92	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	201	0.12

w,lim=0.3 mm

QP	H [cm]	Aa[cm <sup>2</sup> /m]	Aa'[cm <sup>2</sup> /m]	M [kNm]	w [mm]
Sez.1-1	45	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	76	0.066
Sez.2-2	60	10.05 (1φ16/20)	10.05 (1φ16/20)	56	0.15
Sez.3-3	92	25.75 (1φ16/20+1φ20/20)	10.05 (1φ16/20)	131	0.08

w,lim=0.2 mm

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia</b> OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala							
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A

## 9. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo travi di larghezza unitaria soggette alla spinta del terreno e sovraccarico accidentale.

L'analisi fornisce i risultati in termini di sollecitazioni nelle sezioni più significative.

Il calcolo dei muri viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione e mensola verticale);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

A riguardo si precisa che i calcoli sono state effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria, mediante ausilio di un foglio elettronico compilato in Excel pubblicato dalla DEI "Tipografia del Genio Civile" facente parte del testo: Progetto e calcoli di Geotecnica con Excel".

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 46 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice DEI- Tipografia del Genio Civile, ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia</b> OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala								
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 47 di 127

## 9.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI

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

### Denominazione ed Estremi di Licenza del Software

Titolo	Foglio di calcolo in Excel
Produttore	DEI Tipografia del Genio Civile
Utente	Tecnostrutture

### Tipo di analisi svolta

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software impiegati ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le stesse società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati sono contenuti in apposita documentazione fornita a corredo dell'acquisto del prodotto, che per brevità espositiva si omette di allegare al presente documento.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 48 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

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

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## ALLEGATO 1

### TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 1

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

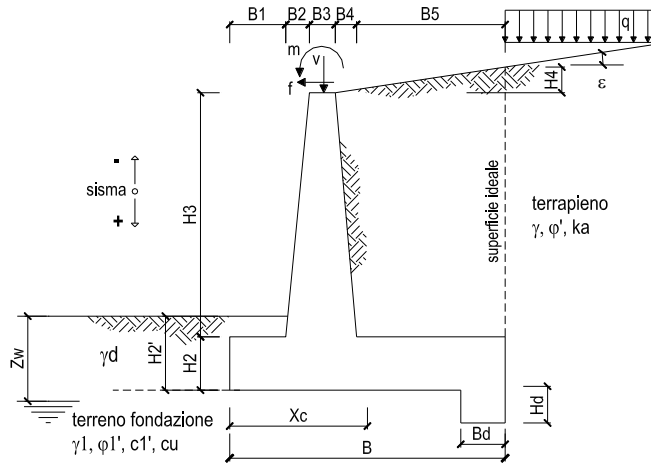
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001	REL	02	A	50 di 127



**OPERA** Hmuro = 8.00 m

### DATI DI PROGETTO:

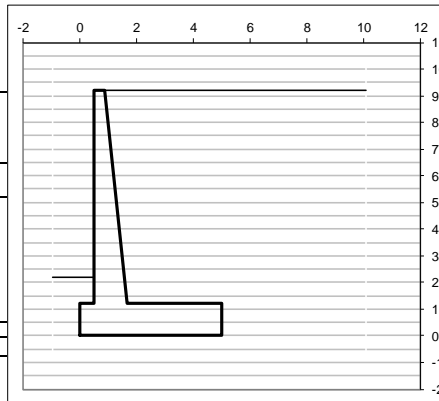
#### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	8.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.80	(m)

#### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	5.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.20	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.30	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.50	(m)

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



### Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	mensola corta dir ▼
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon = 0.00$ (°)	$\phi'_s = 25$ °
	Angolo di attrito terreno-paramento (0.667* $\phi'$ )	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id} = 23.35$ (°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 10.00$ (kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan\phi'_e = 0.85 \cdot \tan\phi'_s$ )	$\phi_{R'} = 21.63$ (°)	
	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	$H2' = 2.20$ (m)	
	Profondità Falda	$Zw = 0.00$ (m)	
Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	$Hs = 10.00$ (m)		
Modulo di deformazione	$E = 46000$ (kN/m <sup>2</sup> )		
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.220$ (-)	S = 1.38 (-) Coefficiente Categoria di Suolo
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m = 0.31$ (-)	
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $\beta_m = \text{Var.}$	
Coeff. di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$kh = 0.0944$ (-)	stradale ▼
	coefficiente sismico verticale	$k_v = 0.0472$ (-)	
Coeff. di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$ka = 0.24$ (-)	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$kas+ = 0.30$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$kas- = 0.31$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$kp = 2.17$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$kps+ = 2.03$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$kps- = 2.01$ (-)	

### Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	20.00	(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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 51 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali										
	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\varphi'$	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
								$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
	●	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
	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\varphi'$	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id}$	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_1'$	=	21.63	(°)		
	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'	=	2.20	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normativa
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305	
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168	
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029	
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 80.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 80.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 150.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 310.00 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 528.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 64.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 592.00 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 56.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 93.33 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 375.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 524.33 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 1768.80 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 91.73 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 1860.53 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 52 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 268.93 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 67.46 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 213.83 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 53.64 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 106.57 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 26.73 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 655.75 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 532.84 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 246.73 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 133.65 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1035.30 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 267.47 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.54 \text{ (-)} > 1.1$$

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 3051.36 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 902.48 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.38 \text{ (-)} > 1$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 53 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 1035.30 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p = 267.47 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 2148.88 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 439.37 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 10.00 \quad (\text{kPa})$$

$$\phi' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.00 \quad (^\circ)$$

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

$$q_0 = \gamma d' H_2' \text{ sovaccarico stabilizzante} = 39.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.42 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 4.15 \quad (\text{m})$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.58 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.54 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^{m+1} = 0.44 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 546.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 2.19 \quad (-) > 1.4$$

### 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 54 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### 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)

###### Copri ferro

c = 6.20 (cm)

###### Acciaio

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

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

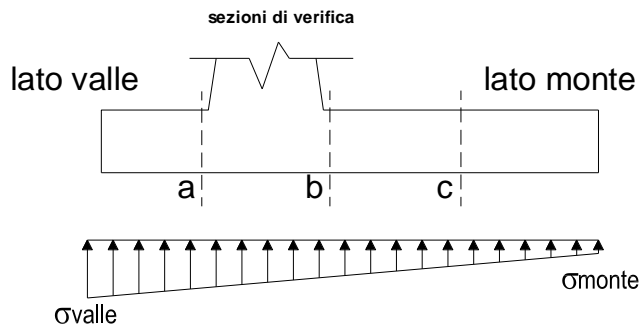
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 5.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 4.17 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	1035.30	439.37	312.51	101.61

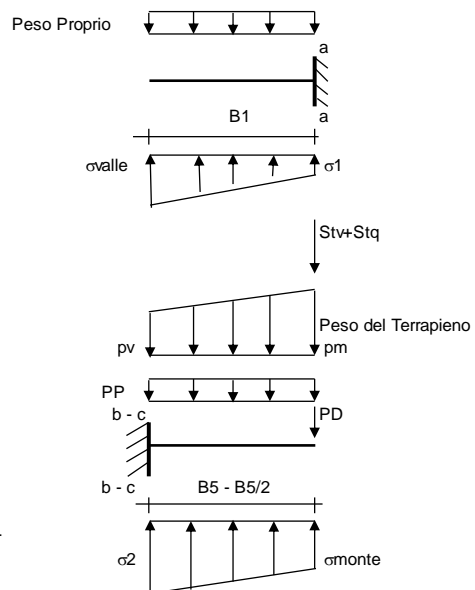


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 30.00 (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	312.51	291.42	34.43	135.98



###### Mensola Lato Monte

PP = 30.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

pm = 208.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 208.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 208.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

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	101.61	240.80	-929.89	171.21	-374.02	-353.72

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

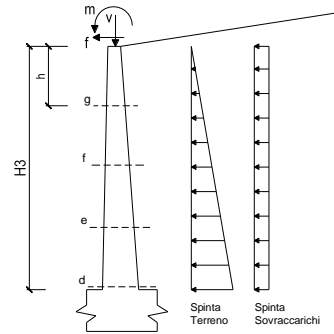
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 55 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-)	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta$	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no		bm = var
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287	
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.346	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.353	
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
	componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

##### condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T <sub>ext</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	8.00	208.91	60.26	0.00	269.17
e-e	6.00	117.51	45.20	0.00	162.71
f-f	4.00	52.23	30.13	0.00	82.36
g-g	2.00	13.06	15.07	0.00	28.12

##### 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	8.00	557.08	241.05	0.00	798.13	116.06	33.48	0.00	160.00	309.54
e-e	6.00	235.02	135.59	0.00	370.61	65.29	25.11	0.00	105.00	195.40
f-f	4.00	69.64	60.26	0.00	129.90	29.02	16.74	0.00	60.00	105.76
g-g	2.00	8.70	15.07	0.00	23.77	7.25	8.37	0.00	25.00	40.62



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

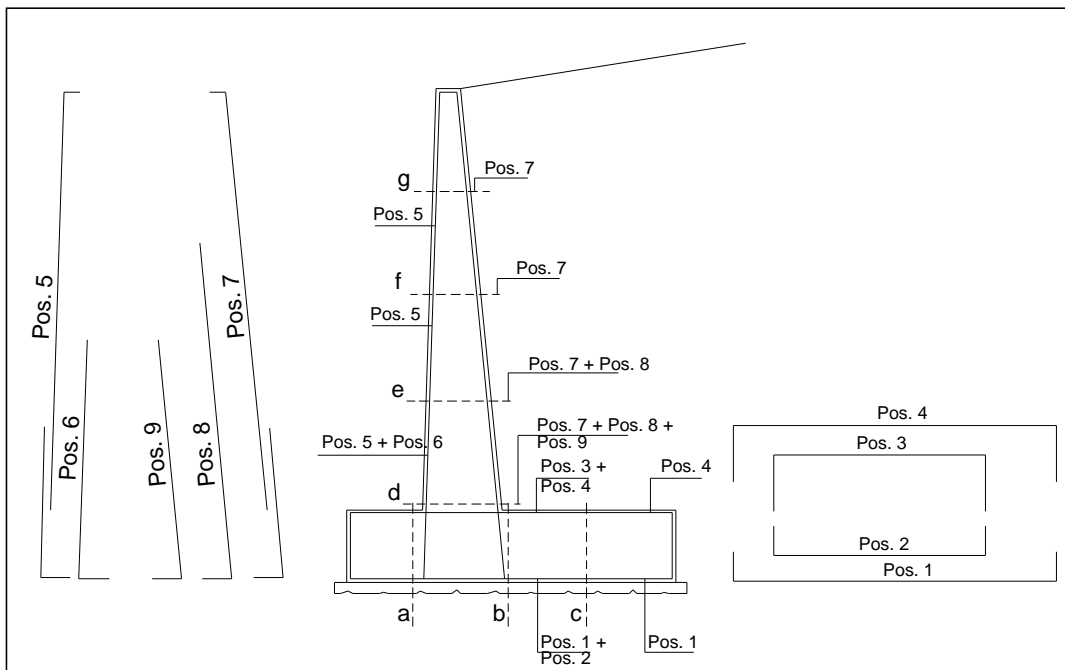
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 56 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

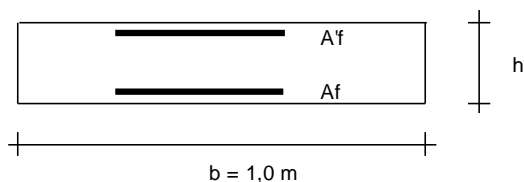


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



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

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)
b - b	-929.89	0.00	-353.72	1.20	31.42	15.71	1344.24	0.00	405.59
d - d	798.13	309.54	269.17	1.20	31.42	10.05	1502.88	309.54	412.54

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 57 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\phi'$	c'	$c_u$	Cap. portante $\gamma_R$	Scorrimen to $\gamma_R$	Res. Terren o Valle $\gamma_R$
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	●	<b>Sismica+M1+R3</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	$\phi'$	=	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	$\delta_{muro}$	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.63	(°)		
	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'	=	2.20	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kps	=	2.17	(-)	2.168	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014	

### 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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	80.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	80.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	150.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	310.00	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	528.00	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	64.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	592.00	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	56.00	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	93.33	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	375.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	524.33	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	1768.80	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	91.73	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1860.53	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001	REL	02	A	58 di 127

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^+ = 265.36 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq1 = q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^+ = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 210.99 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 105.15 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^+ + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d) = 647.04 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 525.76 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d) = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MSP = \gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2 = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 29.26 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 55.88 \quad (\text{kN/m})$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

$$M_{fext2} = f_s \cdot (H_3 + H_2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$M_{fext3} = v_s \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

## 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 59 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1035.09	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	296.13	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \varphi_1'$	=	0.40	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.39	(-)	>	1.1			

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	2910.62	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	932.80	(kNm/m)					
$F_r = M_s / M_r$	=	3.12	(-)	>	1			

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	1035.09	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	296.13	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	1977.82	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	609.90	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kN/mq)
$\varphi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	39.60	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.59	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.82	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi$	( $2 + \pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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)	=	0.54	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.49	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cot \varphi))^{m+1}$		=	0.40	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	486.80	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	1.80	(-)
			>	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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001		02	A	60 di 127

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- &= & 246.35 & \text{(kN/m)} \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^- &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos \delta &= & 195.88 & \text{(kN/m)} \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos \delta &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin \delta &= & 97.62 & \text{(kN/m)} \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin \delta &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) &= & 600.69 & \text{(kN/m)} \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 488.10 & \text{(kN/m)} \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\ MSP &= \gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^- / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1' \cdot kps^- \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 29.26 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh = 55.88 \text{ (kN/m)} \\ Ptsh &= Pt \cdot kv = -27.94 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) = 39.27 \text{ (kNm/m)} \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) = 29.20 \text{ (kNm/m)} \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) = 8.49 \text{ (kNm/m)} \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 = 76.96 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) = 342.63 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3 \cdot 2/3) + (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 45.81 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 = 388.44 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 61 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	971.68	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	281.02	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \phi_1'$	=	0.40	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.37	(-)	>	1.1			

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	2872.96	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	1066.09	(kNm/m)					
$F_r = M_s / M_r$	=	2.69	(-)	>	1			

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	971.68	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	281.02	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	1806.87	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	622.33	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovaccarico stabilizzante	=	39.60	(kN/m²)
$e = M / N$	eccentricità	=	0.64	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.72	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.54	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.49	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^{m+1}$		=	0.39	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	479.18	(kN/m²)
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	1.83	(-)
			>	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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 62 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### 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)

##### Copri ferro

c = 6.20 (cm)

##### Acciaio

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

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

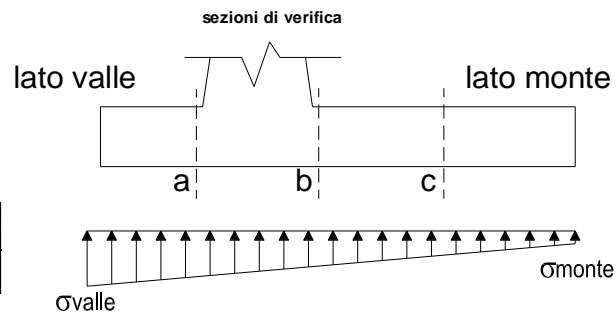
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 5.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 4.17 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	1035.09	609.90	353.39	60.64
sisma-	971.68	622.33	343.70	44.98

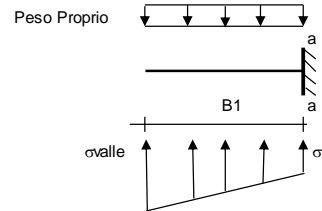


##### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 30.00 (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]
sisma+	353.39	324.12	39.03	153.67
sisma-	343.70	313.82	38.14	147.60



##### Mensola Lato Monte

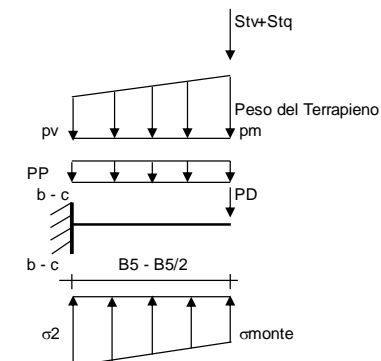
PP = 30.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 pm = 160.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pv = 160.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 160.00 (kN/m<sup>2</sup>)

peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

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

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

caso	$\sigma_{monte}$ [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+	60.64	253.86	-749.49	157.25	-317.96	-242.82
sisma-	44.98	242.13	-705.14	143.55	-301.55	-221.30



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

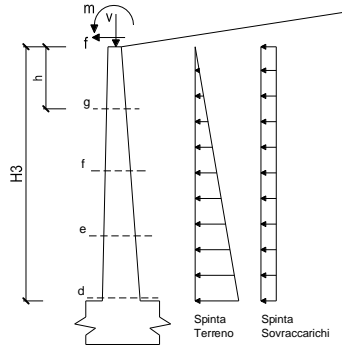
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-) 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	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)	0.287
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.346
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.353
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.353
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>ext</sub> [kN/m]	T <sub>inerzia</sub> [kN/m]	T <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	8.00	202.80	0.00	0.00	15.10	217.90
e-e	6.00	114.07	0.00	0.00	9.91	123.99
f-f	4.00	50.70	0.00	0.00	5.66	56.36
g-g	2.00	12.67	0.00	0.00	2.36	15.03

condizione sismica +

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	8.00	811.20	0.00	0.00	50.34	861.54	112.67	0.00	0.00	167.55	280.22
e-e	6.00	342.22	0.00	0.00	25.48	367.71	63.38	0.00	0.00	109.96	173.33
f-f	4.00	101.40	0.00	0.00	10.07	111.47	28.17	0.00	0.00	62.83	91.00
g-g	2.00	12.67	0.00	0.00	2.20	14.88	7.04	0.00	0.00	26.18	33.22

condizione sismica -

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	8.00	752.02	0.00	0.00	50.34	802.36	104.45	0.00	0.00	152.45	256.90
e-e	6.00	317.26	0.00	0.00	25.48	342.74	58.75	0.00	0.00	100.04	158.80
f-f	4.00	94.00	0.00	0.00	10.07	104.07	26.11	0.00	0.00	57.17	83.28
g-g	2.00	11.75	0.00	0.00	2.20	13.95	6.53	0.00	0.00	23.82	30.35



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

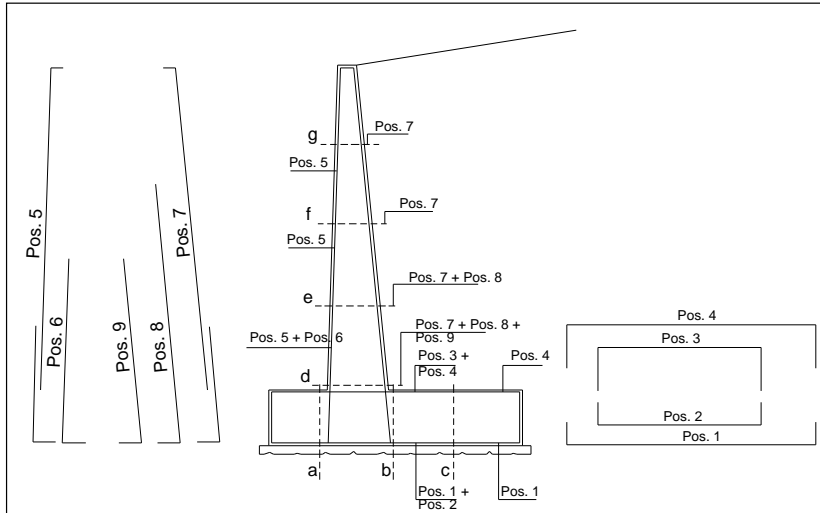
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 64 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

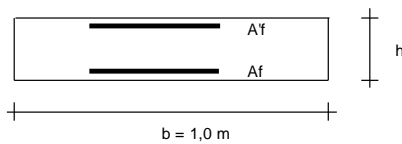


#### ARMATURE

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

Calcola

#### VERIFICHE



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

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)
b - b	-749.49	0.00	-242.82	1.20	31.42	15.71	1344.24	0.00	405.59
d - d	861.54	280.22	217.90	1.20	31.42	10.05	1487.94	280.22	412.54

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001	REL	02	A	65 di 127

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
			sfavorevoli	sfavorevoli				$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
	○	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>
	○	--	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	$\epsilon$	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	19.51	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	19.51	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	8.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	17.60	(°)		
	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'	=	2.20	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.368	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.375	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.867	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.736	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.722	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	80.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	80.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	150.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	310.00	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	528.00	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	64.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	592.00	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	=	56.00	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	=	93.33	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	375.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	524.33	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	=	1768.80	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	=	91.73	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1860.53	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 66 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 284.92 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 84.46 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 232.57 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 68.94 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 95.17 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 28.21 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 713.22 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 475.86 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 317.14 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 141.07 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2763.31 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 1030.37 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.68 \text{ (-)} > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 67 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali										
	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\phi'$	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
								$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	●	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	$\phi_{muro}$	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\phi_{sup id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.63	(°)	
	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'	=	2.20	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(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*H3* $\gamma_{cls}$ )/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3* $\gamma_{cls}$ )	=	80.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3* $\gamma_{cls}$ )/2	=	80.00	(kN/m)
Pm4 = (B*H2* $\gamma_{cls}$ )	=	150.00	(kN/m)
Pm5 = (Bd*Hd* $\gamma_{cls}$ )	=	0.00	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	310.00	(kN/m)

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

Pt1 = (B5*H3* $\gamma$ )	=	528.00	(kN/m)
Pt2 = (0,5*(B4+B5)*H4* $\gamma$ )	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3* $\gamma$ )/2	=	64.00	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	592.00	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	=	56.00	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	93.33	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	375.00	(kNm/m)
Mm5 = Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	524.33	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	1768.80	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	91.73	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1860.53	(kNm/m)

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

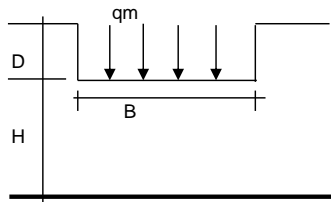
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 68 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	2.20	(m)
	D/B*	0.52	(m)
	H/B*	2.37	(m)
Carico unitario medio (qm)	qm = N / (B - 2*e) = N / B*	237.66	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.937	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.74	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E =$	15.08	(mm)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 69 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	80.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	80.00	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	150.00	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	310.00	(kN/m)

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

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	528.00	(kN/m)
$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	64.00	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	592.00	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	56.00	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	93.33	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	375.00	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	524.33	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	1768.80	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	91.73	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1860.53	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 70 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 206.87 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 44.97 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 164.49 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 35.76 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 81.97 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 17.82 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 504.43 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 409.87 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 164.49 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 89.10 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + g_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

#### 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)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 1001.80 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2883.84 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 668.91 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 2214.93 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 289.56 \quad (\text{kNm/m})$$

## 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 71 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### CALCOLI STATICI

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

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

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

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

c = 6.20 (cm)

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

c<sub>min</sub> = 4.00 (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

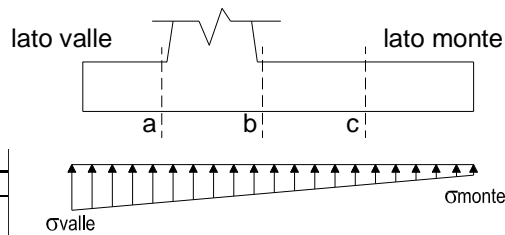
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = b \cdot h = 5.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 4.17 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	1001.80	289.56	269.85	130.87
sisma+	1037.99	723.38	381.21	33.99
sisma-	968.72	701.61	362.13	25.36

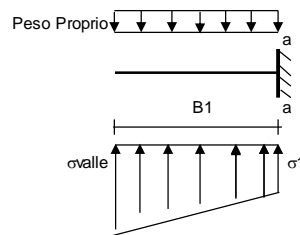


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 30.00 (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	269.85	255.95	29.40
sisma+	381.21	346.49	42.17
sisma-	362.13	328.45	40.40



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 30.00 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 160.00 (kN/m<sup>2</sup>)

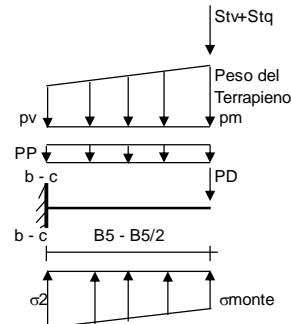
pvb = 160.00 (kN/m<sup>2</sup>)

pvc = 160.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5/2)^2 / 2 + (\sigma_2b - \sigma_{monte}) \cdot (B_5/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2)^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot B_5 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5/2)^2 / 2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B_5/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2)^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot (B_5/2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2b$	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	130.87	222.60	-484.82	176.73	-224.35





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

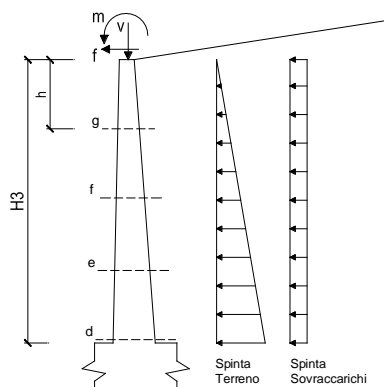
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 72 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S = 1.38	
	<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	=	0.0944	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287	
	componente orizzontale	kah	=	0.25	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.346	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.353	
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)			

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	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	8.00	428.53	160.70	0.00	589.22	89.28	22.32	0.00	160.00	271.60
e-e	6.00	180.78	90.39	0.00	271.18	50.22	16.74	0.00	105.00	171.96
f-f	4.00	53.57	40.17	0.00	93.74	22.32	11.16	0.00	60.00	93.48
g-g	2.00	6.70	10.04	0.00	16.74	5.58	5.58	0.00	25.00	36.16

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

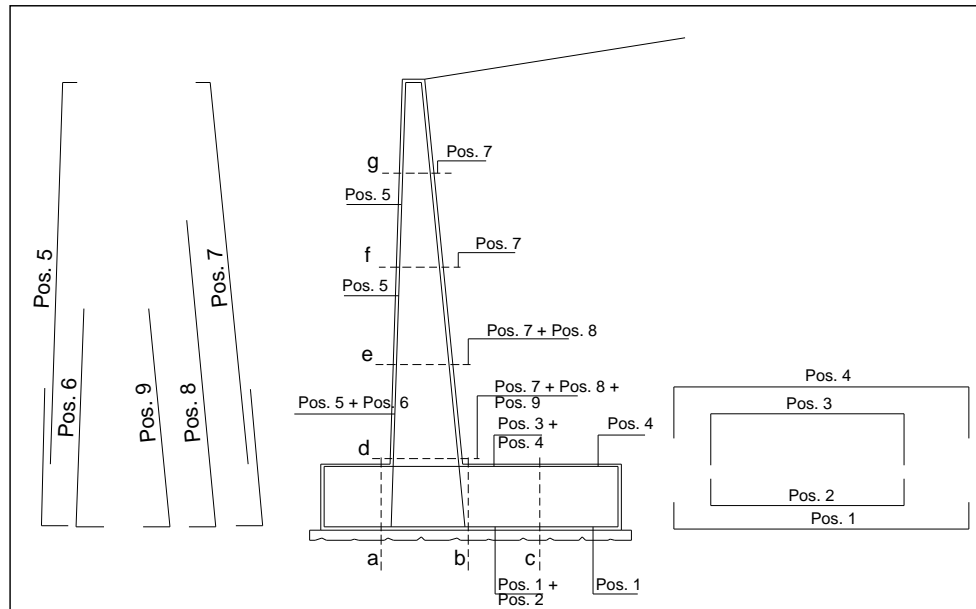
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 73 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

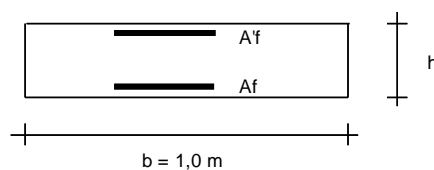


#### ARMATURE

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

Calcola

#### VERIFICHE



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

#### 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)
b - b	-484.82	0.00	1.20	31.42	15.71	3.02	146.73	0.134	0.200
d - d	589.22	271.60	1.20	31.42	10.05	3.95	140.99	0.129	0.200

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 74 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

## ALLEGATO 2

### TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 2

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

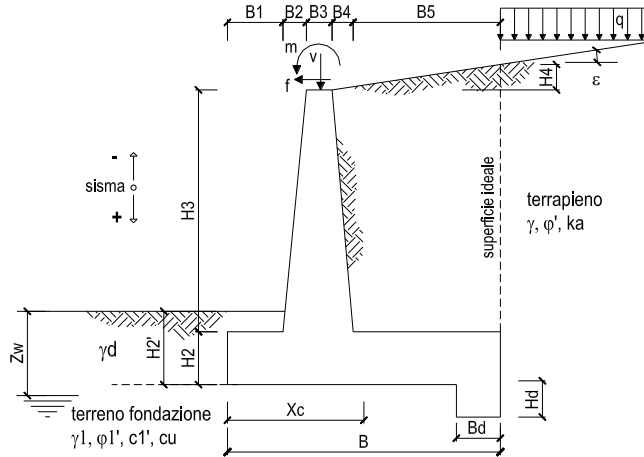
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001	REL	02	A	75 di 127



**OPERA** Hmuro = 5.80 m

**DATI DI PROGETTO:**

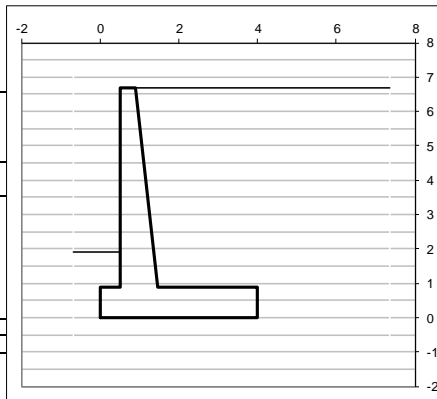
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	5.80	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.58	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	4.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.90	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.52	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzera Sezione	Xc =	2.00	(m)

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



**Dati Geotecnici**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\varphi' = 35.00$ (°)	mensola corta dir
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno F.ondazione	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$ (°)	$\varphi_p' = 25$ ° S = 1.38 (-) Coefficiente Categoria di Suolo stradale
	Angolo di attrito terreno-paramento (0.667* $\varphi'$ )	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id} = 23.35$ (°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 10.00$ (kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan\varphi_{R'} = 0.85 \cdot \tan\varphi_p'$ )	$\varphi_{R'} = 21.63$ (°)	
	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	$H2' = 1.90$ (m)	
	Profondità Falda	$Zw = 0.00$ (m)	
Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	$Hs = 8.00$ (m)		
Modulo di deformazione	$E = 46000$ (kN/m <sup>2</sup> )		
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_q/g = 0.220$ (-)	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione $\beta_m = 0.31$ (-) il muro è libero di ruotare al piede? (si/no) <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no il muro ammette spostamenti? (si/no) <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no $\beta_m = Var.$
		$\beta_m = 0.31$ (-)	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	$kh = 0.0944$ (-)	Valori di Normativa
	coefficiente sismico verticale	$k_v = 0.0472$ (-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$ka = 0.24$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$kas+ = 0.30$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$kas- = 0.31$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$kp = 2.17$ (-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	$kps+ = 2.03$ (-)	
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	$kps- = 2.01$ (-)		

**Carichi Agenti**

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q = 20.00 (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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 76 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

		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
								$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
SLU	☉	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi'$	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.63	(°)	
	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'	=	1.90	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 58.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 42.05 & \text{(kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 90.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 190.05 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 292.32 & \text{(kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 33.64 & \text{(kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 325.96 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 40.60 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 45.97 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 180.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 266.57 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 800.96 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 43.28 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 844.24 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 77 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 142.63 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 49.13 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 113.41 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 39.06 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 56.52 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 19.47 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 253.28 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 226.08 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 130.86 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 77.87 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 592.00 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 152.47 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.54 \text{ (-)} > 1.1$$

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1414.76 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 384.14 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.68 \text{ (-)} > 1$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 78 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 592.00 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p = 152.47 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1030.62 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 153.37 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 10.00 \text{ (kPa)}$$

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

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

$$q_0 = \gamma_d' H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 34.20 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.26 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.48 \text{ (m)}$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.59 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.55 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg(\phi')))^{m+1} = 0.46 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 496.58 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 2.92 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$

### 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 79 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### 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 = 6.20 (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

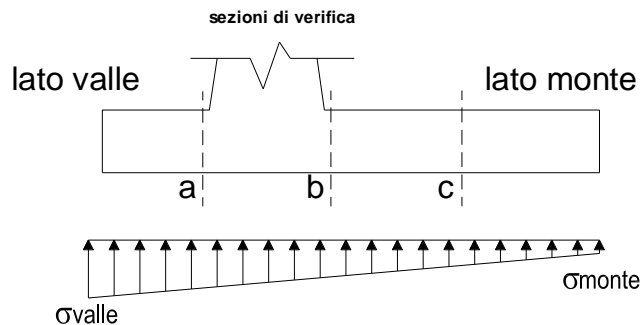
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

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

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

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	592.00	153.37	205.51	90.49

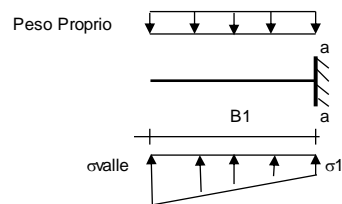


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 22.50 (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> ]	Ma [kNm]	Ta [kN]
statico	205.51	191.13	22.28	87.91



###### Mensola Lato Monte

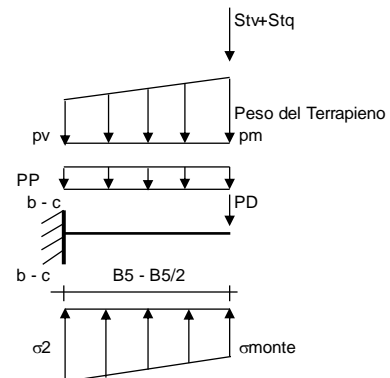
PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>)  
PD = 0.00 (kN/m)  
peso proprio soletta fondazione  
peso proprio dente

pm = 150.80 (kN/m<sup>2</sup>)  
pvb = 150.80 (kN/m<sup>2</sup>)  
pvc = 150.80 (kN/m<sup>2</sup>)

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

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

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2b}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mb [kNm]	$\sigma_{2c}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mc [kNm]	Tb [kN]
statico	90.49	162.95	-377.74	126.72	-151.89	-193.37





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

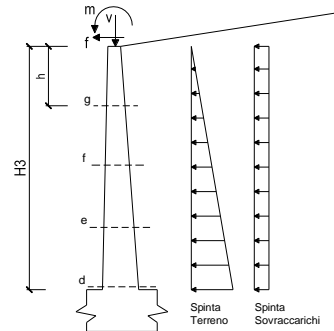
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 80 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta$	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no		bm = var
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	Categoria di suolo	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)		0.287
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)		0.346
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)		0.353
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)		0.353
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
	componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

##### condizione statica

sezione	h	T <sub>t</sub>	T <sub>q</sub>	T <sub>ext</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.80	109.81	43.69	0.00	153.50
e-e	4.35	61.77	32.77	0.00	94.53
f-f	2.90	27.45	21.84	0.00	49.30
g-g	1.45	6.86	10.92	0.00	17.79

##### condizione statica

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	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	5.80	212.29	126.70	0.00	338.99	61.01	24.27	0.00	100.05	185.33
e-e	4.35	89.56	71.27	0.00	160.83	34.32	18.20	0.00	67.15	119.67
f-f	2.90	26.54	31.67	0.00	58.21	15.25	12.14	0.00	39.51	66.90
g-g	1.45	3.32	7.92	0.00	11.24	3.81	6.07	0.00	17.13	27.01

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

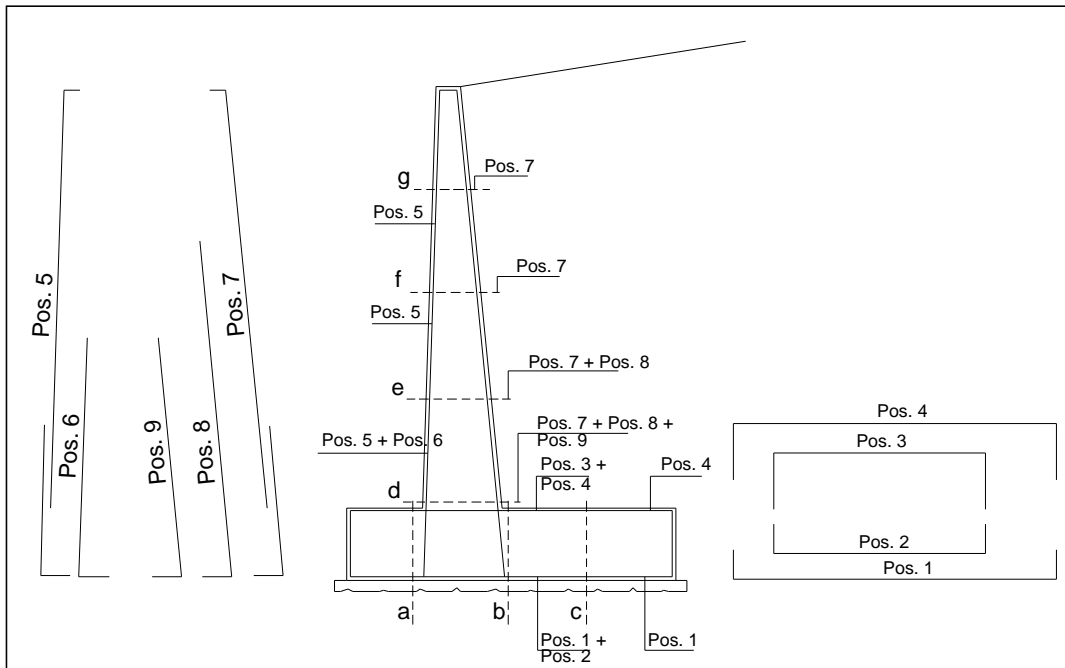
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 81 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

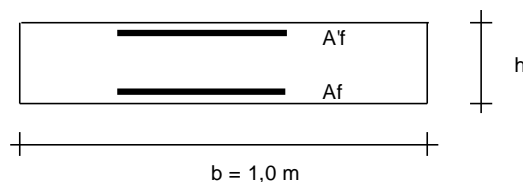


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
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)
(-)									
b - b	-377.74	0.00	-193.37	0.90	22.62	15.71	709.27	0.00	310.92
d - d	338.99	185.33	153.50	0.98	15.71	10.05	627.87	185.33	287.98

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001	REL	02	A	82 di 127

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res. Terren o Valle
								γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	
SLD	●	<b>Sismica+M1+R3</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	

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	21.63	(°)	
	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'	=	1.90	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

### 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*H3*γ <sub>cls</sub> )/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	(B3*H3*γ <sub>cls</sub> )	=	58.00	(kN/m)
Pm3 =	(B4*H3*γ <sub>cls</sub> )/2	=	42.05	(kN/m)
Pm4 =	(B*H2*γ <sub>cls</sub> )	=	90.00	(kN/m)
Pm5 =	(Bd*Hd*γ <sub>cls</sub> )	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	190.05	(kN/m)

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

Pt1 =	(B5*H3*γ)	=	292.32	(kN/m)
Pt2 =	(0,5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	(B4*H3*γ)/2	=	33.64	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	325.96	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	=	40.60	(kNm/m)
Mm3 =	Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	45.97	(kNm/m)
Mm4 =	Pm4*(B/2)	=	180.00	(kNm/m)
Mm5 =	Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	266.57	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	800.96	(kNm/m)
Mt2 =	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	43.28	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	844.24	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 83 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+k_v) \cdot (H_2+H_3+H_4+H_d)^2 \cdot k_{as}^+ = 140.73 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq1 = q_s \cdot (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot k_{as}^+ = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 111.90 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 55.77 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_i \cdot (1+k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^+ + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+k_v) \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H_2+H_3+H_4+H_d)/3 - H_d) = 249.92 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 223.07 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSsq1 = Ssq1h \cdot ((H_2+H_3+H_4+H_d)/2 - H_d) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MSp = \gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2 = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 17.94 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 30.77 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 30.77 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 30.77 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MPs1 = kh \cdot P_m \cdot 1 \cdot (H_2+H_3/3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot P_m \cdot 2 \cdot (H_2 + H_3/2) = 20.80 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot P_m \cdot 3 \cdot (H_2+H_3/3) = 11.25 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot P_m \cdot 4 \cdot (H_2/2) = 3.82 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs5 = -kh \cdot P_m \cdot 5 \cdot (H_d/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 35.87 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5) = 67.05 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts2 = kh \cdot Pt2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H_2+H_3 \cdot 2/3) - (B_1+B_2+B_3+2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5) = 12.33 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 79.37 \quad (\text{kNm/m})$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

$$M_{fext2} = f_s \cdot (H_3 + H_2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$M_{fext3} = v_s \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

## 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 84 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	587.16	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	160.61	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \phi_1'$	=	0.40	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.45	(-)	>	1.1			

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	1333.89	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	365.16	(kNm/m)					
$F_r = M_s / M_r$	=	3.65	(-)	>	1			

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	587.16	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	160.61	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	968.73	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	205.59	(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.	=	10.00	(kN/mq)
$\phi_1'$	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	=	34.20	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.35	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.30	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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)	=	0.57	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.53	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		=	0.43	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	464.79	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	2.61	(-)

> 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001		02	A	85 di 127

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- &= & 130.65 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^- &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos \delta &= & 103.89 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin \delta &= & 51.77 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- 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 -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) &= & 232.01 \quad (\text{kN/m}) \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 207.10 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSP &= \gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^- / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1' \cdot kps^- \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 17.94 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 30.77 \quad (\text{kN/m}) \\ Ptsh &= Pt \cdot kv &= & -15.38 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) &= & 20.80 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) &= & 11.25 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) &= & 3.82 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 35.87 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) = &= & 142.65 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) = &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3^2/3)+(B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) = &= & 17.95 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 160.59 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 86 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	552.40	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh}$	=	152.59	(kN/m)					
Coefficiente di attrito alla base (f)								
$f = \tan \phi'$	=	0.40	(-)					
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	=	1.44	(-)	>	1.1			

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3}$	=	1317.91	(kNm/m)					
Momento ribaltante (Mr)								
$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	=	428.48	(kNm/m)					
$Fr = M_s / M_r$	=	3.08	(-)	>	1			

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)								
$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv}$	=	552.40	(kN/m)					
Risultante forze orizzontali (T)								
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p$	=	152.59	(kN/m)					
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
$MM = M_s - M_r$	=	889.43	(kNm/m)					
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
$M = X_c \cdot N - MM$	=	215.37	(kNm/m)					

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovaccarico stabilizzante	=	34.20	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.39	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.22	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi)}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.57	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.52	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cot \phi))^{m+1}$		=	0.43	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	459.16	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B \cdot N$		=	2.68	(-)
			>	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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 87 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

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

###### Copriferro

c = 6.20 (cm)

###### Acciaio

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

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

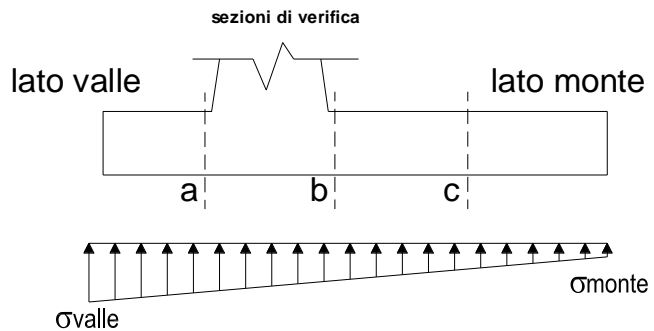
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

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

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

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	587.16	205.59	223.89	69.69
sisma-	552.40	215.37	218.86	57.34

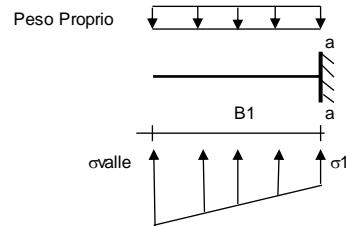


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 22.50 (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> ]	$M_a$ [kNm]	$T_a$ [kN]
sisma+	223.89	204.61	24.24	95.34
sisma-	218.86	198.67	23.84	91.98



###### Mensola Lato Monte

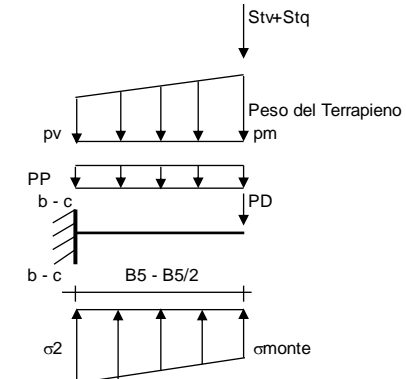
PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 116.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 116.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 116.00 (kN/m<sup>2</sup>)

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

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

caso	$\sigma_{monte}$ [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+	69.69	166.84	-276.95	118.26	-117.22	-123.23
sisma-	57.34	159.10	-259.72	108.22	-111.01	-111.61





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

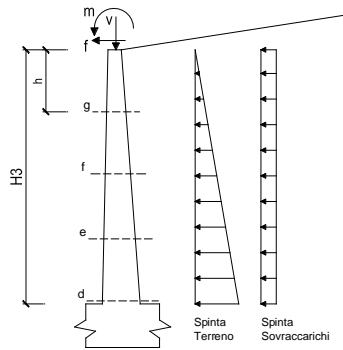
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 88 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.22 (-)	S 1.38 (-) 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	=	0.0944 (-)	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472 (-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29 (-)	0.287
	componente orizzontale	kah	=	0.251 (-)	
	componente verticale	kav	=	0.14 (-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35 (-)	0.346
	componente orizzontale	kash+	=	0.30 (-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.17 (-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35 (-)	0.353
	componente orizzontale	kash-	=	0.31 (-)	
	componente verticale	kasv-	=	0.17 (-)	

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

##### condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>ext</sub> [kN/m]	T <sub>inerzia</sub> [kN/m]	T <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	5.80	106.60	0.00	0.00	9.44	116.04
e-e	4.35	59.96	0.00	0.00	6.34	66.30
f-f	2.90	26.65	0.00	0.00	3.73	30.38
g-g	1.45	6.66	0.00	0.00	1.62	8.28

##### condizione sismica +

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	5.80	309.13	0.00	0.00	23.55	332.68	59.22	0.00	0.00	104.77	163.99
e-e	4.35	130.41	0.00	0.00	12.17	142.58	33.31	0.00	0.00	70.32	103.64
f-f	2.90	38.64	0.00	0.00	4.93	43.57	14.81	0.00	0.00	41.38	56.18
g-g	1.45	4.83	0.00	0.00	1.11	5.94	3.70	0.00	0.00	17.94	21.64

##### condizione sismica -

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	5.80	286.58	0.00	0.00	23.55	310.13	54.90	0.00	0.00	95.33	150.23
e-e	4.35	120.90	0.00	0.00	12.17	133.07	30.88	0.00	0.00	63.98	94.87
f-f	2.90	35.82	0.00	0.00	4.93	40.75	13.73	0.00	0.00	37.65	51.37
g-g	1.45	4.48	0.00	0.00	1.11	5.59	3.43	0.00	0.00	16.32	19.75

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

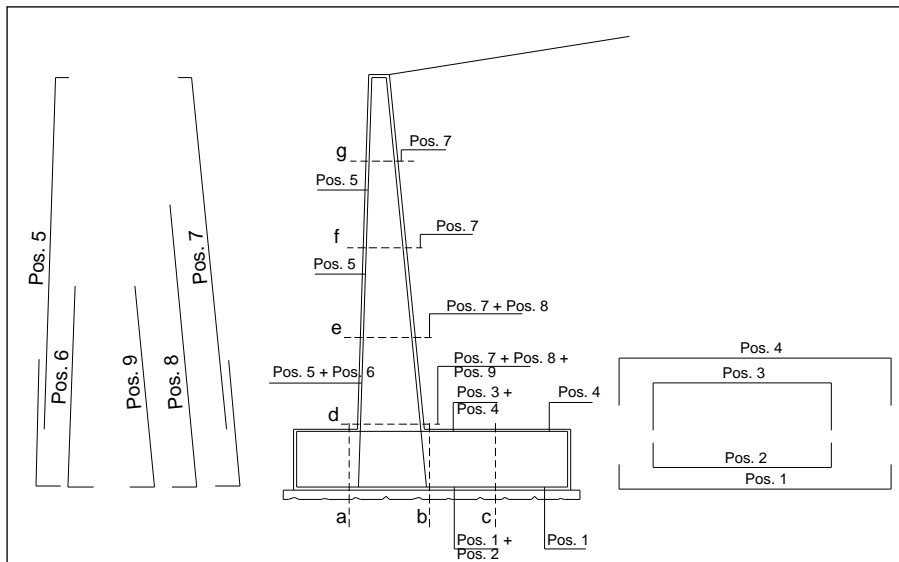
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 89 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

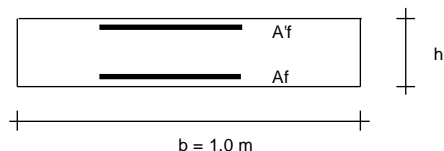


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
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)
(-)									
b - b	-276.95	0.00	-123.23	0.90	22.62	15.71	709.27	0.00	310.92
d - d	332.68	163.99	116.04	0.98	15.71	10.05	618.71	163.99	287.98

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 90 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

coefficienti parziali										
SLU	○	caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanent sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res. Terren o Valle
								γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	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	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	19.51	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	19.51	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	8.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	17.60	(°)	
	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'	=	1.90	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.368
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.375
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.867
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.736
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.722

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 58.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 42.05 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 90.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 190.05 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 292.32 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2 &= & 33.64 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 325.96 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 40.60 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 45.97 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 180.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 266.57 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 800.96 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 43.28 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 844.24 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 91 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 151.11 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 61.51 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 123.35 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 50.21 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 50.48 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 20.55 \quad (\text{kN/m})$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 275.48 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 201.90 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 168.20 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 82.19 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### 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)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1283.82 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 443.68 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.89 \quad (-) > 1$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 92 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

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

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

Dati 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	$\delta_{muro}$	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1'$	=	21.63	(°)	
	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'	=	1.90	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	58.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	42.05	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	90.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	190.05	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	292.32	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	33.64	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	325.96	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	40.60	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	45.97	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	180.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	266.57	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	800.96	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	43.28	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	844.24	(kNm/m)

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

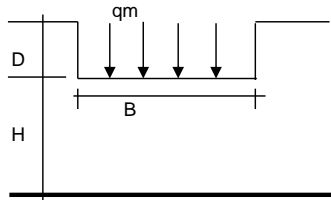
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 93 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

$$D = 1.90 \quad (\text{m})$$

$$D/B^* = 0.54 \quad (\text{m})$$

$$H/B^* = 2.27 \quad (\text{m})$$

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 162.09 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma  $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.936 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità  $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.72 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 8.37 \quad (\text{mm})$$

## 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 94 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	58.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	42.05	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	90.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	190.05	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	292.32	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	33.64	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	325.96	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	40.60	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	45.97	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	180.00	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	266.57	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	800.96	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	43.28	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	844.24	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 95 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 109.72 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 32.75 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 87.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 26.04 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 43.48 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 12.98 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 194.83 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 173.91 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 87.24 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 51.91 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 572.46 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1336.63 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 282.07 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1054.56 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 90.36 \quad (\text{kNm/m})$$



## 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 96 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

### CALCOLI STATICI

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

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

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

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

c = 6.20 (cm)

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

c<sub>min</sub> = 4.00 (cm)

##### Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (MPa)

Es = 210000 (MPa)

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

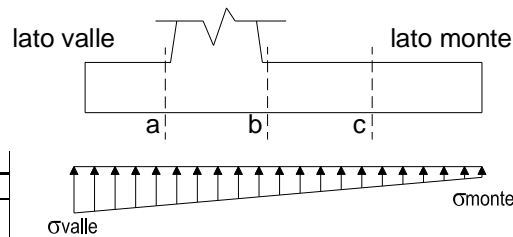
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

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

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

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	572.46	90.36	177.00	109.23
sisma+	588.70	249.15	240.61	53.75
sisma-	550.83	246.27	230.06	45.35

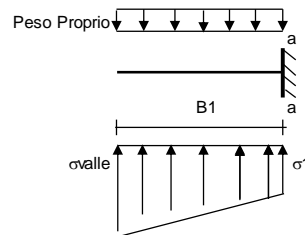


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 22.50 (kN/m) peso proprio soletta fondazione

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

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	177.00	168.53	18.96
sisma+	240.61	217.25	26.08
sisma-	230.06	206.97	25.20



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 116.00 (kN/m<sup>2</sup>)

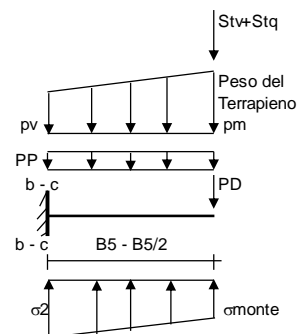
pvb = 116.00 (kN/m<sup>2</sup>)

pvc = 116.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5/2)^2 / 2 + (\sigma_2 b - \sigma_{monte}) \cdot (B_5/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2)^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot B_5 - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - B_d/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + Ms_p + Sp \cdot H_2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5/2)^2 / 2 + (\sigma_2 c - \sigma_{monte}) \cdot (B_5/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2)^2 / 3 - (St_v + Sq_v) \cdot (B_5/2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5/2 - B_d/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + Ms_p + Sp \cdot H_2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2 b$	Mb	$\sigma_2 c$	Mc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	109.23	151.93	-190.01	130.58	-88.72



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

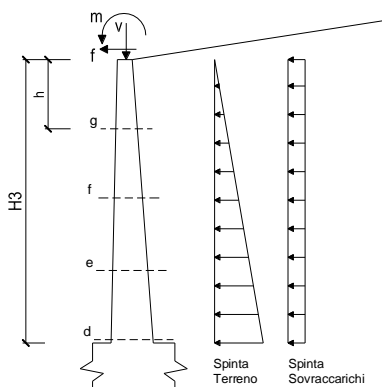
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 97 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S = 1.38	
	<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	=	0.0944	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287	
	componente orizzontale	kah	=	0.25	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.346	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.353	
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
	componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### 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	5.80	163.30	84.47	0.00	247.77	46.93	16.18	0.00	100.05	163.16
e-e	4.35	68.89	47.51	0.00	116.41	26.40	12.14	0.00	67.15	105.69
f-f	2.90	20.41	21.12	0.00	41.53	11.73	8.09	0.00	39.51	59.34
g-g	1.45	2.55	5.28	0.00	7.83	2.93	4.05	0.00	17.13	24.11

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

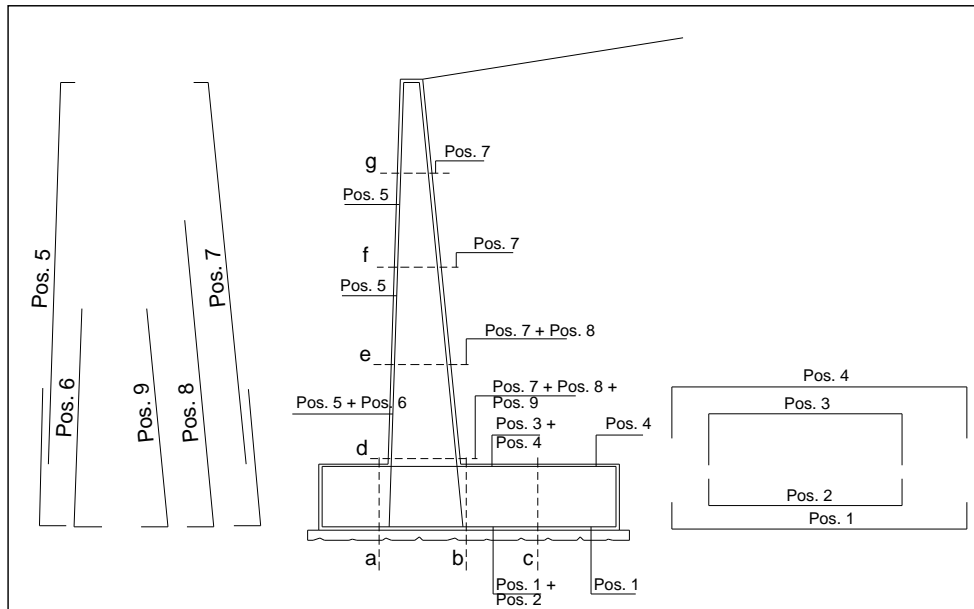
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 98 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

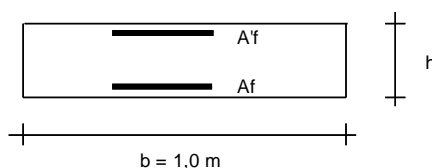


#### ARMATURE

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

Calcola

#### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
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)
b - b	-190.01	0.00	0.90	22.62	15.71	2.18	108.56	0.137	0.200
d - d	247.77	163.16	0.98	15.71	10.05	3.01	135.97	0.180	0.200

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 99 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	------------------------------



### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

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

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

**OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA**

**Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala**

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 100 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

## **ALLEGATO 3**

### **TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 3**



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 101 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

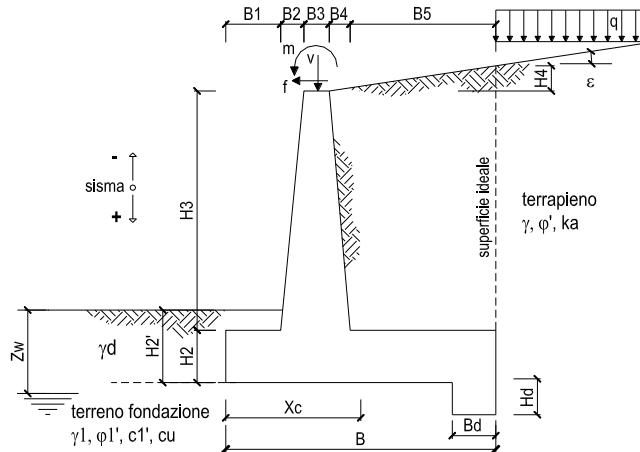
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 102 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------



OPERA Hmuro = 7.05 m

#### DATI DI PROGETTO:

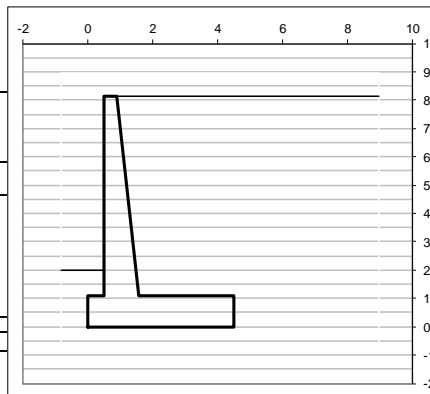
##### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	7.05	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.71	(m)

##### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.90	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.25	(m)

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



#### Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' =$	35.00	(°)	mensola corta dir
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' =$	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di Incclinazione Piano di Campagna	$\epsilon =$	0.00	(°)	$\phi_p' =$ 25 °
	Angolo di attrito terreno-paramento (0.667* $\phi'$ )	$\delta_{muro} =$	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup. id} =$	23.35	(°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate			
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' =$	10.00	(kPa)	
Dati Sismici	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan\phi_{ra}=0.85*\tan\phi_s$ )	$\phi_{ra}' =$	21.63	(°)	S = 1.38 (-) Coefficiente Categoria di Suolo
	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' =	2.00	(m)	
	Profondità Falda	Zw =	0.00	(m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H= 2*B)	Hs =	9.00	(m)	
	Modulo di deformazione	E =	46000	(kN/m <sup>2</sup> )	
Coeff. di Spinta	Accelerazione sismica	$a_g/g =$	0.220	(-)	stradale
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m =$	0.31	(-)	
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no			
Coeff. di Spinta	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	$\beta_m =$	Var.	Valori di Normativa
	coefficiente sismico orizzontale	kh =	0.0944	(-)	
	coefficiente sismico verticale	kv =	0.0472	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka =	0.24	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ =	0.30	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- =	0.31	(-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp =	2.17	(-)	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ =	2.03	(-)	
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- =	2.01	(-)		

#### Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	20.00	(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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 103 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

		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+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	$\varphi'$	=	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	$\delta_{muro}$	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_1'$	=	21.63	(°)		
	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'	=	2.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168	
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029		
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014		

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	70.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	62.13	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	123.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	256.38	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	408.20	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	49.70	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	457.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	=	49.35	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	=	70.52	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	278.44	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	398.30	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	=	1246.02	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	=	68.09	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1314.11	(kNm/m)



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 104 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 211.05 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 59.76 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 167.81 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 47.52 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 83.63 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 23.68 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 455.88 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 376.34 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 193.62 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 106.56 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 821.59 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 215.32 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.51 \text{ (-)} > 1.1$$

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2195.31 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 649.50 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.38 \text{ (-)} > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 105 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

( caso A1+M1+R3 )

Risultante forze verticali (N)			
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v$	=	821.59	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = S_{th} + Sq_h + f - Sp$	=	215.32	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
$MM = M_s - M_r$	=	1545.80	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
$M = X_c \cdot N - MM$	=	302.76	(kNm/m)

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kPa)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H^2$	sovraccarico stabilizzante	=	36.00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.37	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.76	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi))}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi)$	(2+π in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.58	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.54	(-)
$i_{\gamma} = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi)))^{m+1}$		=	0.44	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	505.19	(kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	2.31	(-)

> 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 106 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

#### 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 = 6.20 (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

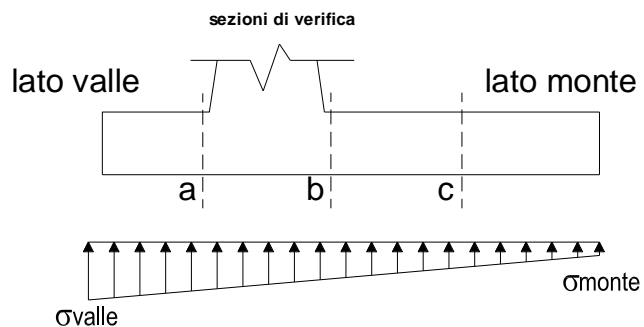
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 4.50 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 3.38 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	821.59	302.76	272.28	92.87

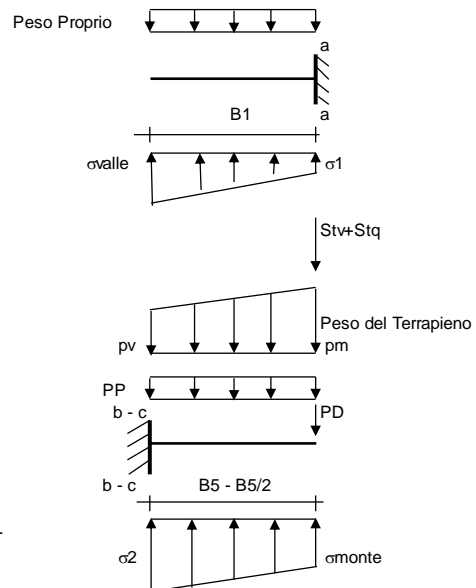


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 27.50 (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> ]	Ma [kNm]	Ta [kN]
statico	272.28	252.35	29.77	117.41



###### Mensola Lato Monte

PP = 27.50 (kN/m<sup>2</sup>)  
PD = 0.00 (kN/m)  
peso proprio soletta fondazione  
peso proprio dente

pm = 183.30 (kN/m<sup>2</sup>)

pvb = 183.30 (kN/m<sup>2</sup>)

pvc = 183.30 (kN/m<sup>2</sup>)

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mb [kNm]	$\sigma_2c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mc [kNm]	Tb [kN]
statico	92.87	208.29	-643.64	150.58	-258.73	-281.65

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

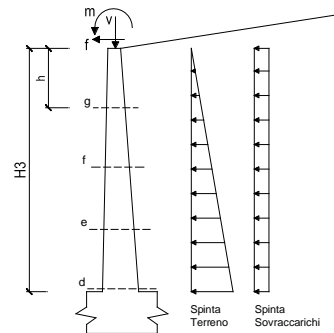
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 107 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta$	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no		bm = var
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	0.287	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)		
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)	0.346	
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.353	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.31	
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
	componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	T <sub>t</sub>	T <sub>q</sub>	T <sub>ext</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.05	162.24	53.11	0.00	215.34
e-e	5.29	91.26	39.83	0.00	131.09
f-f	3.53	40.56	26.55	0.00	67.11
g-g	1.76	10.14	13.28	0.00	23.42

#### condizione statica

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	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	7.05	381.26	187.20	0.00	568.45	90.14	29.50	0.00	132.63	252.27
e-e	5.29	160.84	105.30	0.00	266.14	50.70	22.13	0.00	87.82	160.65
f-f	3.53	47.66	46.80	0.00	94.46	22.53	14.75	0.00	50.78	88.07
g-g	1.76	5.96	11.70	0.00	17.66	5.63	7.38	0.00	21.51	34.52

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

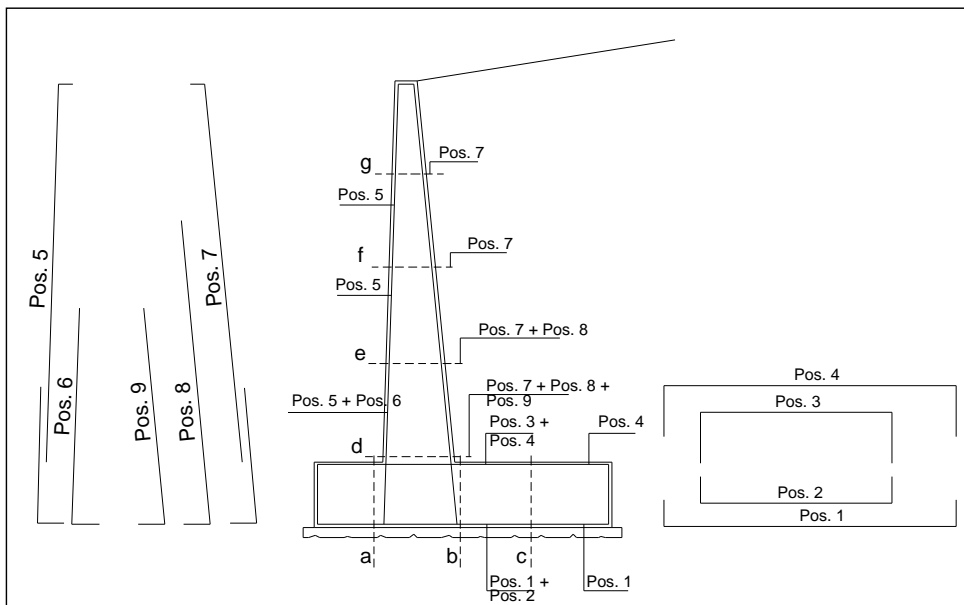
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 108 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

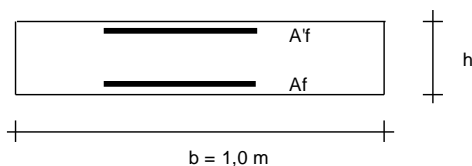


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	16
			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)
(-)									
b - b	-643.64	0.00	-281.65	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
d - d	568.45	252.27	215.34	1.11	25.76	10.05	1132.31	252.27	365.44

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 109 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

coefficienti parziali											
	SLU	○	caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
				permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap.	Scorrimen	Res. Terren
									portante	to	o Valle
			caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
			caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	SLD	⊙	<b>Sismica+M1+R3</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	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>	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	21.63	(°)		
	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'	=	2.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014	

### 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*H3*γ <sub>cls</sub> )/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γ <sub>cls</sub> )	=	70.50	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γ <sub>cls</sub> )/2	=	62.13	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γ <sub>cls</sub> )	=	123.75	(kN/m)
Pm5 = (Bd*Hd*γ <sub>cls</sub> )	=	0.00	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	256.38	(kN/m)

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

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	408.20	(kN/m)
Pt2 = (0,5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	49.70	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	457.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	=	49.35	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	70.52	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	278.44	(kNm/m)
Mm5 = Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	398.30	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	1246.02	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	68.09	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1314.11	(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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 110 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas^+ = 208.24 \text{ (kN/m)}$$

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

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 165.58 \text{ (kN/m)}$$

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

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 82.52 \text{ (kN/m)}$$

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

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 449.82 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 371.34 \text{ (kN/m)}$$

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

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 24.20 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Pts_h = Pt \cdot kh = 43.22 \text{ (kN/m)}$$

$$Pts_v = Pt \cdot kv = 21.61 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) = 30.78 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) = 20.23 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) = 6.42 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 57.43 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) - (B - B5 / 2) \cdot 0.5) = 119.39 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2 / 3) - (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 22.62 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 142.01 \text{ (kNm/m)}$$

#### 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 111 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 818.40 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} = 233.00 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T = 1.39 \text{ (-)} > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3} = 2083.75 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 649.26 \text{ (kNm/m)}$$

$$F_r = M_s / M_r = 3.21 \text{ (-)} > 1$$

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 818.40 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 233.00 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1434.48 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 406.93 \text{ (kNm/m)}$$



## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 112 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'1'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kN/mq)
$\phi'1'$	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	=	36.00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.50	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.51	(m)

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

$N_q = \gamma^2(45 + \phi/2)'e^{(\pi'tg(\phi))}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1)/tg(\phi)$	( $2+\pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_\gamma = 2'(N_q + 1)'tg(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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

$i_q = (1 - T/(N + B^*c'cotg(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.55	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		=	0.50	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B^*c'cotg(\phi)))^{m+1}$		=	0.40	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	459.61	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	---	--------	----------------------

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 1.97 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 113 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$Sst2 = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- = 193.33 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ssq2 = qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^- = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 153.72 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 76.61 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica -

$$MSst1 = Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) = 417.60 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 344.74 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) = 0.00 \quad (\text{kN/m})$$

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 24.20 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 43.22 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = Pt \cdot kv = -21.61 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) = 30.78 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) = 20.23 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) = 6.42 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 57.43 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) = 237.00 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3 \cdot 2/3) + (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 31.80 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 268.80 \quad (\text{kNm/m})$$

#### 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 114 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 769.27 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} = 221.14 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T = 1.38 \text{ (-)} > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{Sst2} + M_{Ssq2} + M_{fext3} = 2057.15 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst1} + M_{Ssq1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 743.84 \text{ (kNm/m)}$$

$$F_r = M_s / M_r = 2.77 \text{ (-)} > 1$$

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 769.27 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 221.14 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1313.31 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 417.56 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 115 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

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

Fondazione Nastriforme

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

$c1'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kN/mq)
$\phi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d H^2$	sovaccarico stabilizzante	=	36.00	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.54	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.41	(m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) e^{(\pi \text{tg}(\phi))}$	(1 in cond. nd)	=	10.66	(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	=	20.72	(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	=	10.88	(-)

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

$i_q = (1 - T/(N + B^* c' \text{cotg}(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.54	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		=	0.50	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B^* c' \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$		=	0.40	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	453.24	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	---	--------	----------------------

$$F = q_{lim} B^* / N = 2.01 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$

### 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 116 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

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

###### Copriferro

c = 6.20 (cm)

###### Acciaio

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

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

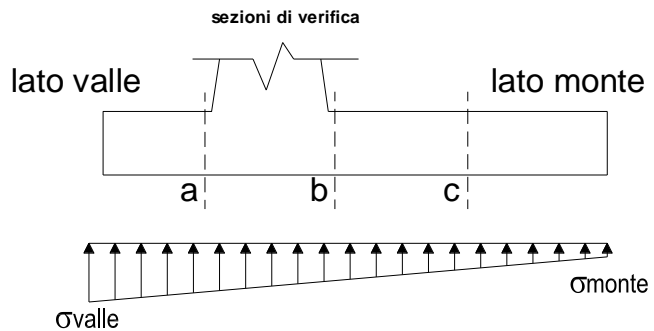
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 4.50 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 3.38 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	818.40	406.93	302.44	61.30
sisma-	769.27	417.56	294.67	47.23

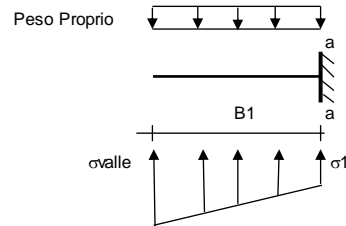


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 27.50 (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> ]	$M_a$ [kNm]	$T_a$ [kN]
sisma+	302.44	275.65	33.09	130.12
sisma-	294.67	267.18	32.41	125.07



###### Mensola Lato Monte

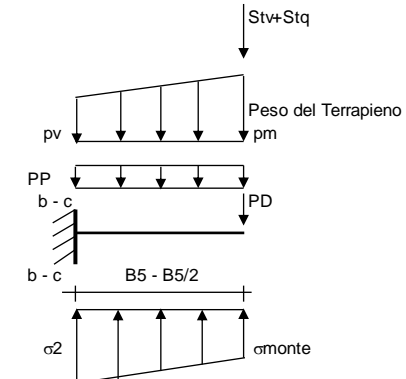
PP = 27.50 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

pm = 141.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 141.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 141.00 (kN/m<sup>2</sup>)

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

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

caso	$\sigma_{monte}$ [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+	61.30	216.43	-504.76	138.86	-213.00	-191.34
sisma-	47.23	206.42	-474.28	126.82	-201.81	-174.24



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

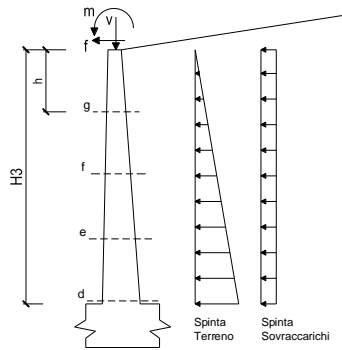
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 117 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-) 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	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)	0.287
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.346
	componente orizzontale	kah	=	0.251	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.353
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.353
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>ext</sub> [kN/m]	T <sub>inerzia</sub> [kN/m]	T <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	7.05	157.49	0.00	0.00	12.52	170.01
e-e	5.29	88.59	0.00	0.00	8.29	96.88
f-f	3.53	39.37	0.00	0.00	4.79	44.17
g-g	1.76	9.84	0.00	0.00	2.03	11.87

#### condizione sismica +

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	7.05	555.17	0.00	0.00	37.24	592.40	87.50	0.00	0.00	138.89	226.39
e-e	5.29	234.21	0.00	0.00	19.01	253.22	49.22	0.00	0.00	91.97	141.19
f-f	3.53	69.40	0.00	0.00	7.59	76.98	21.88	0.00	0.00	53.18	75.05
g-g	1.76	8.67	0.00	0.00	1.68	10.36	5.47	0.00	0.00	22.52	27.99

#### condizione sismica -

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp+inerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	7.05	514.67	0.00	0.00	37.24	551.91	81.12	0.00	0.00	126.37	207.49
e-e	5.29	217.13	0.00	0.00	19.01	236.13	45.63	0.00	0.00	83.68	129.31
f-f	3.53	64.33	0.00	0.00	7.59	71.92	20.28	0.00	0.00	48.39	68.66
g-g	1.76	8.04	0.00	0.00	1.68	9.72	5.07	0.00	0.00	20.49	25.56

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

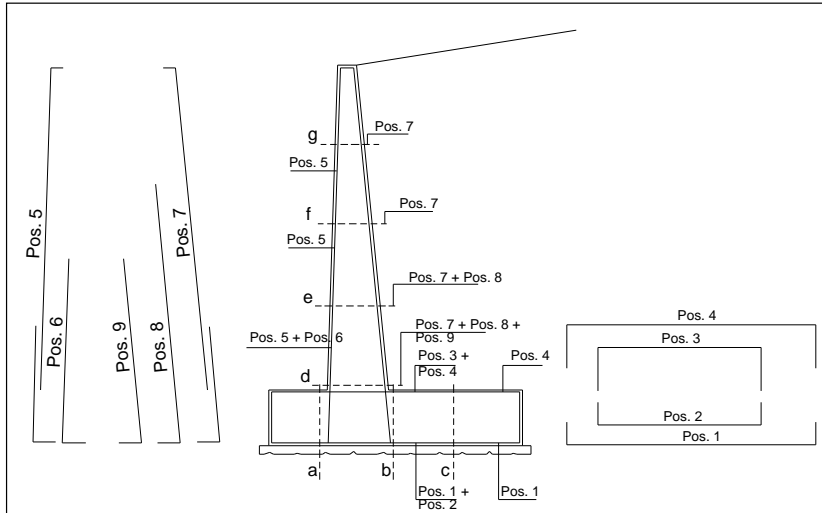
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 118 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

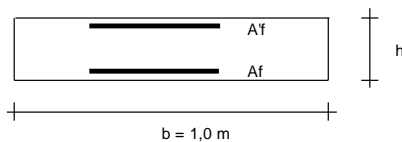


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	16
			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)
(-)									
b - b	-504.76	0.00	-191.34	1.10	25.76	15.71	1006.21	0.00	362.01
d - d	592.40	226.39	170.01	1.11	25.76	10.05	1119.98	226.39	365.44

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 119 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

coefficienti parziali										
SLU	○	caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res. Terren o Valle
								γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>
		caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	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	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	29.26	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	19.51	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	19.51	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	8.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	17.60	(°)		
	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'	=	2.00	(m)		
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.368	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.375	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.867	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.736	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.722	

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(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)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 70.50 & \text{(kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 62.13 & \text{(kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 123.75 & \text{(kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 256.38 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 408.20 & \text{(kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2 &= & 49.70 & \text{(kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 457.90 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 49.35 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 70.52 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 278.44 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 398.30 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 1246.02 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 68.09 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 1314.11 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 120 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 223.59 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 74.82 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 182.51 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 61.08 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 74.69 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 24.99 \text{ (kN/m)}$$

- 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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 495.83 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 336.09 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 248.88 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 112.47 \text{ (kN/m)}$$

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

#### 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)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1989.73 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 744.72 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2.67 \text{ (-)} > 1$$

## 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: SOTTOVOIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OM0001	REL	02	A	121 di 127

coefficienti parziali										
	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan $\varphi'$	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
								$\gamma_R$	$\gamma_R$	$\gamma_R$
	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
	●	<b>SLE</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

### 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	$\delta_{muro}$	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup, id}$	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_1'$	=	21.63	(°)	
	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'	=	2.00	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(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 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	70.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	62.13	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	123.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	256.38	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	408.20	(kN/m)
Pt2 =	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	49.70	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	457.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 B3)$	=	49.35	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	70.52	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	278.44	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	398.30	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 B5)$	=	1246.02	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	68.09	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1314.11	(kNm/m)

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

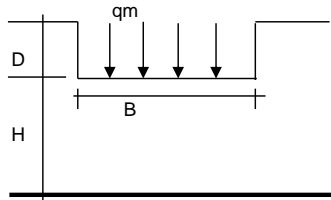
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 122 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

#### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

$$D = 2.00 \quad (\text{m})$$

$$D/B^* = 0.52 \quad (\text{m})$$

$$H/B^* = 2.35 \quad (\text{m})$$

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 207.73 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma  $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.937 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità  $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.74 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 11.90 \quad (\text{mm})$$

## 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: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 123 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	70.50	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	62.13	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	123.75	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	256.38	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	408.20	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	49.70	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	457.90	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	49.35	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	70.52	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	278.44	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	398.30	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	1246.02	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	68.09	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1314.11	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 124 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 162.34 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 39.84 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 129.08 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 31.68 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 64.33 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 15.79 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 350.68 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 289.49 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 129.08 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 71.04 \text{ (kNm)}$$

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

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 794.39 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2072.94 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 479.76 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1593.18 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 194.20 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 125 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLI STATICI

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

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

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

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

c = 6.20 (cm)

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

c<sub>min</sub> = 4.00 (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

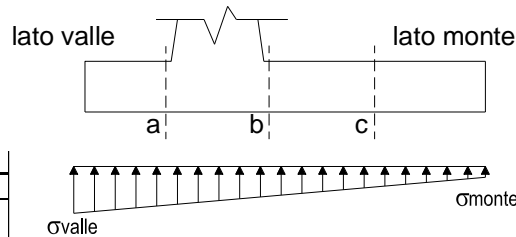
σ<sub>valle</sub> = N / A + M / W<sub>gg</sub>

σ<sub>monte</sub> = N / A - M / W<sub>gg</sub>

A = b\*h = 4.50 (m<sup>2</sup>)

W<sub>gg</sub> = b\*h<sup>2</sup>/6 = 3.38 (m<sup>3</sup>)

caso	N [kN]	M [kNm]	σ <sub>valle</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>monte</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	794.39	194.20	234.07	118.99
sisma+	820.68	485.74	326.30	38.45
sisma-	766.95	472.75	310.51	30.36

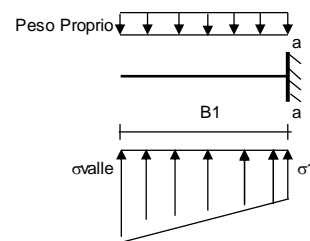


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

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

Ma = σ<sub>1</sub>\*B<sup>2</sup>/2 + (σ<sub>valle</sub> - σ<sub>1</sub>)\*B<sup>2</sup>/3 - PP\*B<sup>2</sup>/2\*(1±kv)

caso	σ <sub>valle</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Ma [kNm]
statico	234.07	221.29	25.29
sisma+	326.30	294.31	35.76
sisma-	310.51	279.38	34.34



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 27.50 (kN/m<sup>2</sup>)

peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m)

peso proprio dente

pm = 141.00 (kN/m<sup>2</sup>)

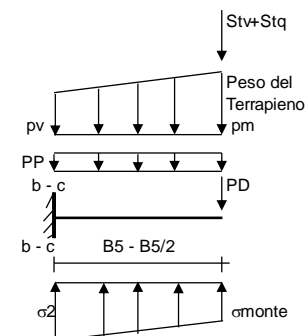
pvb = 141.00 (kN/m<sup>2</sup>)

pvc = 141.00 (kN/m<sup>2</sup>)

Mb = (σ<sub>monte</sub> - (pvc+PP)\*(1±kv))\*B<sup>2</sup>/2 + (σ<sub>2c</sub> - σ<sub>monte</sub>)\*B<sup>2</sup>/6 - (pm-pvb)\*(1±kv)\*B<sup>2</sup>/3 + (Stv+Sqv)\*B<sup>2</sup>-PD\*(1±kv)\*(B<sup>2</sup>-Bd/2)-PD\*kh\*(Hd+H2/2)+Msp+Sp\*H2/2

Mc = (σ<sub>monte</sub> - (pvc+PP)\*(1±kv))\*(B<sup>2</sup>/2) + (σ<sub>2c</sub> - σ<sub>monte</sub>)\*(B<sup>2</sup>/2) - (pm-pvc)\*(1±kv)\*(B<sup>2</sup>/2) + (Stv+Sqv)\*(B<sup>2</sup>/2)-PD\*(1±kv)\*(B<sup>2</sup>-Bd/2)-PD\*kh\*(Hd+H2/2)+Msp+Sp\*H2/2

caso	σ <sub>monte</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2b</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Mb [kNm]	σ <sub>2c</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Mc [kNm]
statico	118.99	193.03	-336.00	156.01	-154.91



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

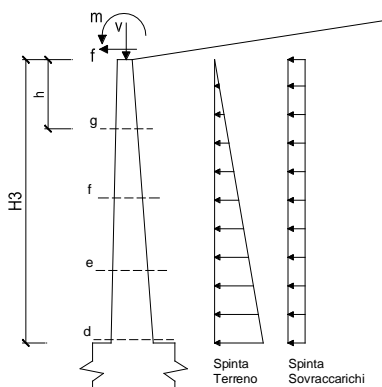
OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 126 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

##### Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S = 1.38	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta$	=	0.31	(-)		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no					bm = var.
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.29	(-)	0.287	
	componente orizzontale	kah	=	0.25	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.14	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.35	(-)	0.346	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.17	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.35	(-)	0.353	
	componente orizzontale	kash-	=	0.31	(-)		
	componente verticale	kasv-	=	0.17	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### 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	7.05	293.27	124.80	0.00	418.07	69.33	19.67	0.00	132.63	221.63
e-e	5.29	123.73	70.20	0.00	193.92	39.00	14.75	0.00	87.82	141.58
f-f	3.53	36.66	31.20	0.00	67.86	17.33	9.83	0.00	50.78	77.95
g-g	1.76	4.58	7.80	0.00	12.38	4.33	4.92	0.00	21.51	30.76

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

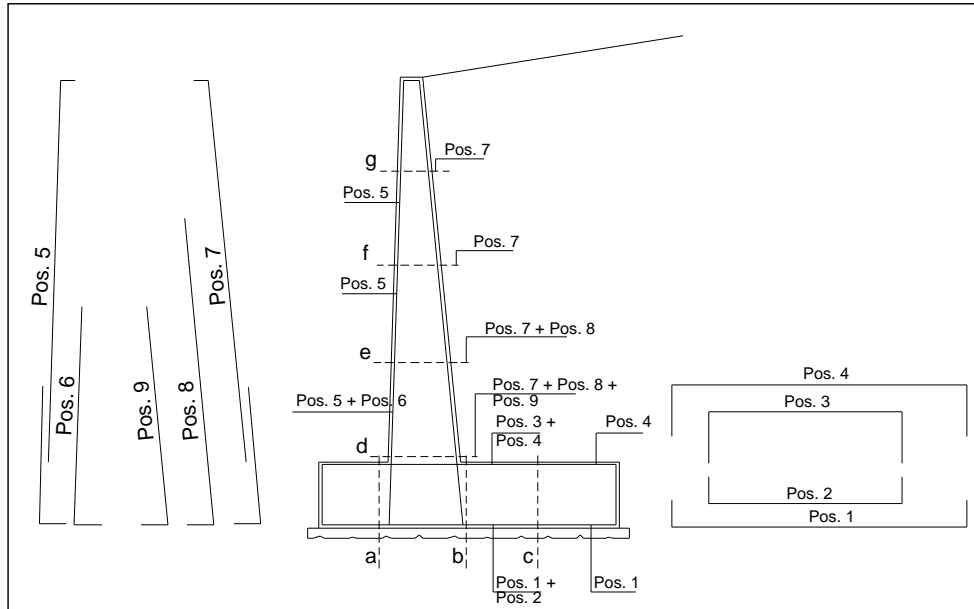
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA

Nuovo Sottovia S.C. Rustano al km 1+120 - Relazione tecnica e di calcolo dei muri d'ala

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OM0001	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 127 di 127
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------	-----------	-------------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

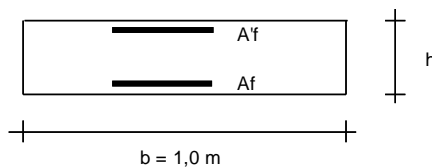


#### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	16	7	5.0	20
4	5.0	20	8	5.0	16
			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)
b - b	-336.00	0.00	1.10	25.76	15.71	2.61	135.52	0.133	0.200
d - d	418.07	221.63	1.11	25.76	10.05	3.46	130.00	0.128	0.200

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

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