



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

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

### PERIZIA DI VARIANTE

<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>IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032</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><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> <b>MURO DI SOTTOSCARPA IN DX DA Km 9+504 AL Km 9+548</b> <i>Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2</i></p>	<p>SCALA: -----</p> <p>DATA: 28.07.2022</p>
---	---

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

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

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
B	Sett. 2021	Revisione generale	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani S. Lieto
C	20.01.2022	Riscontro Istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani S. Lieto
D	28.07.2022	Riscontro Istruttoria ANAS	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

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 1 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.2 UNITÀ DI MISURA.....	6
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>8</b>
3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE .....	8
3.2 COPRIFERRI.....	9
3.3 BIBLIOGRAFIA .....	10
<b>4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....</b>	<b>11</b>
4.1 MODELLO GEOTECNICO .....	12
<b>5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI DI SOSTEGNO .....</b>	<b>14</b>
5.1 ANALISI DEI CARICHI.....	14
5.1.1 Peso proprio.....	14
5.1.2 Spinta del terreno.....	14
5.1.3 Spinta in presenza di falda .....	14
5.1.4 Spinta del sovraccarico .....	14
5.1.5 Azioni Sismiche.....	15
5.1.6 Forze d'inerzia.....	15
5.1.7 Spinta sismica terreno .....	16
5.2 COMBINAZIONI DI CARICO.....	17
5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI.....	17
5.2.2 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita .....	20
5.2.3 Stati Limite di Esercizio.....	21
<b>6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA .....</b>	<b>24</b>
6.1 VERIFICA SLE .....	24
6.1.1 Verifiche delle tensioni.....	24
6.1.2 Verifiche a fessurazione.....	25
6.2 VERIFICHE ALLO SLU.....	26
6.2.1 Pressoflessione.....	26
6.2.2 Taglio.....	27
6.3 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE PER MURI CON FONDAZIONE SU PALI.....	29
6.3.1 Curve di Capacità Portante (Carico Limite dei pali di fondazione) .....	29
6.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI .....	48
6.5 VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE .....	53
6.5.1 VERIFICHE IN FASE SISMICA.....	54
<b>7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI .....</b>	<b>57</b>
7.1 SCHEMA DI CALCOLO.....	57

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 2 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

7.2	RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI SU PALI .....	58
7.2.1	Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali .....	58
7.2.2	Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi ORIZZONTALI .....	60
	CONCIO N° 1 .....	60
	CONCIO N° 2 .....	60
7.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL MURO .....	61
7.4	PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	62
7.4.1	Verifiche per gli stati limite ultimi .....	62
7.4.2	Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....	63
7.4.3	Verifica agli stati limite d'esercizio .....	65
7.1	RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI .....	66
7.1.1	Sezione H= 10.50 m (Concio 1) .....	66
7.1.2	Sezione H= 9.60 m (Concio 2) .....	71
7.1.3	Verifiche strutturali DEI PALI .....	75
<b>8.</b>	<b>DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2) .....</b>	<b>84</b>
8.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI .....	86
	<b>ALLEGATO 1 .....</b>	<b>88</b>
	<b>TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO: H = 10.50 M .....</b>	<b>88</b>
	<b>ALLEGATO 2 .....</b>	<b>127</b>
	<b>TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO: H = 9.60 M .....</b>	<b>127</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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	3 di 168

## 1. PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto Esecutivo 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 di sostegno su pali che vanno dal km 9+504.67 al km 9+522.71 mentre per le verifiche delle paratie di pali (concio 3,4 e 5) si rimanda alla relazione specifica. I muri si rendono necessari per il sostegno del rilevato stradale a valla della spalla S2 del viadotto Palente.

Si riporta uno stralcio plano altimetrico dell'opera (Figura 1):

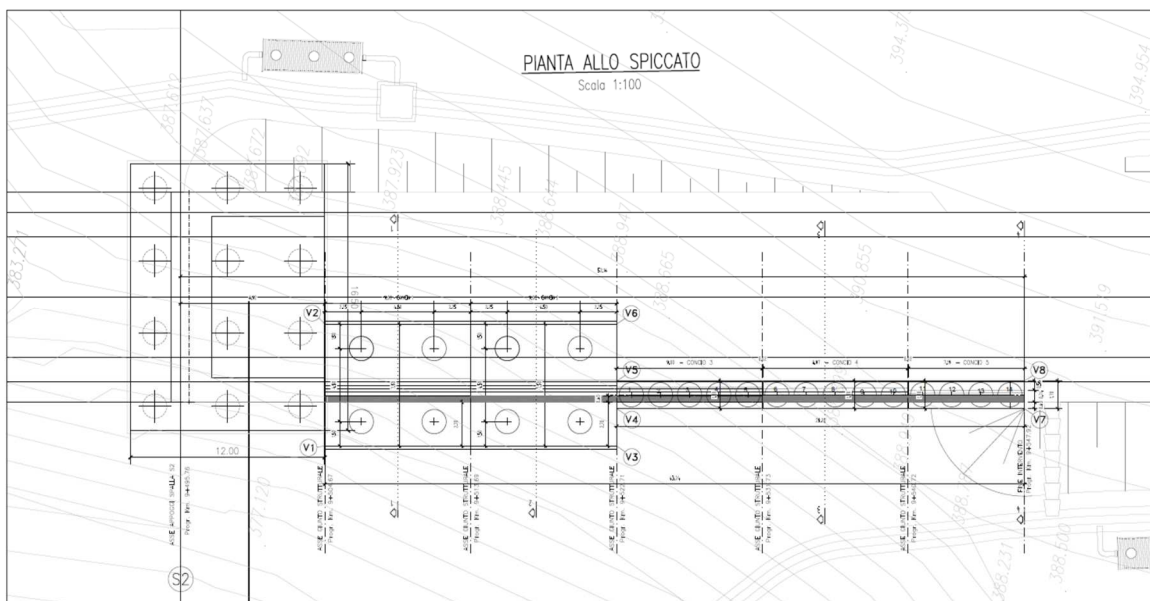


Figura 1a – Stralcio Planimetrico

## 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

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	4 di 168

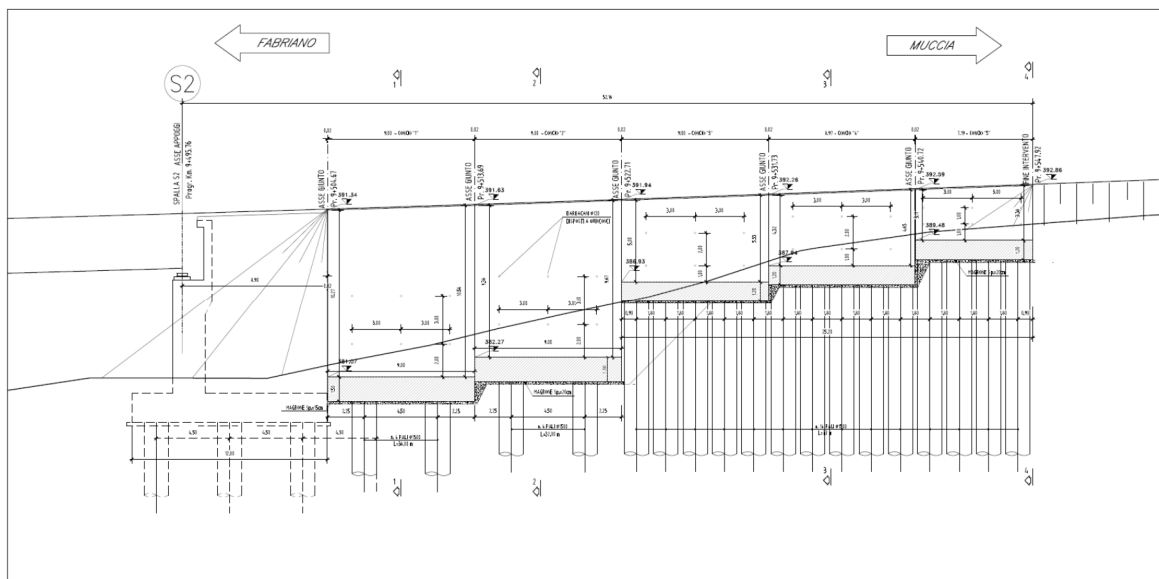


Figura 2b – Profilo

### 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Come detto in precedenza, l'opera è costituita da 5 conci, il concio 1 e 2 è costituito da muri di sostegno con fondazione su 4 pali  $\phi$  1500 di lunghezza rispettivamente pari a 36 m e 32 m, mentre i conci 3, 4 e 5 sono costituiti da una paratia di pali  $\phi$  1500 di lunghezza rispettivamente pari a 13.00 m 11.00 m e 7.40 m.

Nella relazione specifica si riportano le verifiche dei muri di sostegno, concio n° 1 e 2, mentre per le verifiche delle paratie di pali (concio 3,4 e 5) si rimanda alla relazione specifica

Si riportano di seguito le sezioni trasversali:



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 6 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

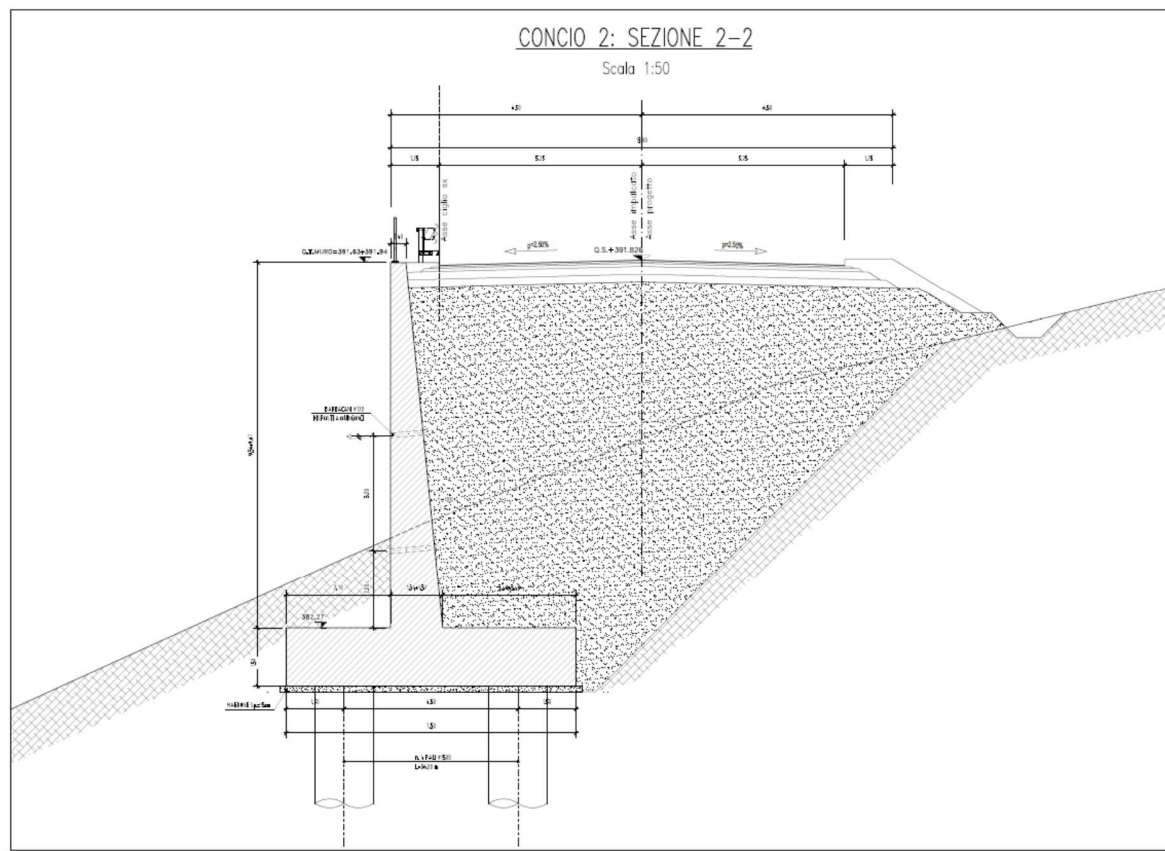


Figura 4 – Sezioni trasversali 2-2 (Concio 2)

## 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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 7 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 8 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

### 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 IL CORDOLO TESTA PALI**

- 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 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:  $C_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 9 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

- **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:  $c_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

- **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  $c_{min} \geq 25 \text{ mm}$ .

In definitiva ai fini progettuali si è assunto **c=40mm** per i cordoli e il solettone e **c=60mm** per i pali così come riportato all'interno della tabella materiali opere minori (strutture a contatto con il 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 10 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Tab 4.1.III – DM 14.01.08

Tabella C4.1.IV 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 11 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

### Unità Ag - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi

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

### Unità 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 a – Coltri in frana

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

### Unità 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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 12 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

$$\phi_r' = 20 \div 22^\circ$$

$$c_r' = 0 \text{ kPa}$$

$$c_u = 50 \div 300 \text{ kPa}$$

$$G_o = 80 \div 350 \text{ MPa}$$

$$E_o = 400 \div 900 \text{ MPa}$$

angolo di resistenza al taglio residuo

coesione drenata residua

resistenza al taglio in condizioni non drenate

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale

#### Unità Sch – Formazione dello Schlier

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

peso di volume naturale

$$E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa per } z < 40 \text{ m}$$

modulo di deformazione elastico operativo

$$E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z \text{ MPa per } z > 40 \text{ m}$$

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

## 4.1 MODELLO GEOTECNICO

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

LITOTIPO		POTENZA in	$\gamma$	c'	$\phi'$	$E_{vc}$	$E_{ur}$
		asse strada	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	MPa	MPa
Unità a – Coltri in frana	a	0 ÷ 4.00	19	0	22	25	55
Unità Ecla – Depositi eluvio colluviali	Ecla	2.00 ÷ 8.00	19.5	5	26	25	140
Unità Ag – Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi	Ag	4.00 ÷ 8.00	19	0	38	36	200
Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso	Salt	1.50	20	10	25	35	55
Unità Sch – Formazione dello Schlier	Sch	In poi	22	55	27	130	210

La falda è posta a circa 379 m sl.m.

I moduli elastici sopra riportati sono da considerare validi rispettivamente nel campo di compressione vergine ( $E_{vc}$ ) e di scarico-ricarico. Il valore del modulo di deformabilità è stato assunto costante con la profondità.

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.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	13 di 168

La formazione presenta una permeabilità molto alta e, vista l'elevata permeabilità intrinseca della tipologia dell'opera di sostegno adottata (paratia di pali), ai fini del calcolo strutturale dell'opera sono state del tutto trascurate le spinte dell'acqua a monte della paratia.

In base allo studio delle sezioni geologiche, e in specialmodo la sezione geologica 506 posta al km 9+520, cioè nella zona in oggetto, si sono ottenute le stratigrafie di progetto per i muri in esame.

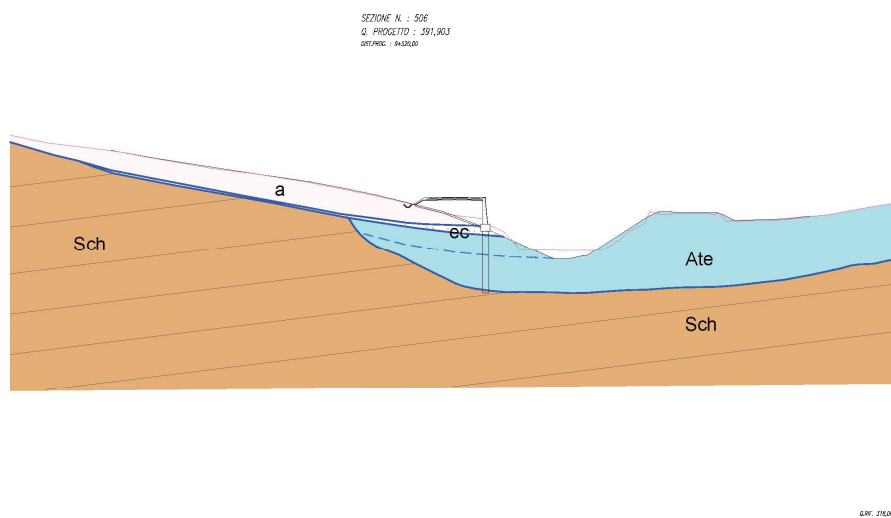


Figura 5 – Sezioni geologica prossima al al giunto strutturale tra muri di sostegno e paratia di pali (Concio 2-3)

Pertanto, in base alle considerazioni sopra riportate, le analisi di stabilità sono state condotte nell'ipotesi di falda posizionata a circa fondo scavo.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 14 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI DI SOSTEGNO

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

Trattandosi di muri su pali che non ammettono spostamenti, per la valutazione delle Spinte del terreno sul paramento, è stata assunta la spinta a riposo  $k_0 = 1 - \sin(\phi')$

#### 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:

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

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

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

#### 5.1.4 Spinta del sovraccarico

Viso la vicinanza della sede stradale a monte della parete si è considerato un sovraccarico stradale pari a  $20 \text{ kN/m}^2$ .

### 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

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 15 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### 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  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

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

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

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

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

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

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

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 16 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

in esame:

<b>Cat Suolo</b>	<b>B</b>	
$S_s =$	<b>1.176</b>	
$S_T =$	<b>1.00</b>	
$a_{max} [m/s^2] =$	<b>2,94</b>	
$\beta_m =$	<b>1.00</b>	- Muri su pali
$K_h [-] =$	<b>0.259</b>	Coefficiente sismico orizzontale
$K_v [-] =$	<b>0.1294</b>	Coefficiente sismico verticale

#### 5.1.7 Spinta sismica terreno

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma, trattandosi di muri su pali, si fa riferimento al metodo di Wood (cui fa riferimento la Normativa Italiana). La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma di tipo rettangolare con punto di applicazione della dell'incremento di spinta posizionato ad  $H/2$ .

Pertanto, si ha:

$$S_s = \gamma \cdot K_h \cdot h_s \quad \text{formula di Wood}$$

In cui.

$K_h$  coefficiente di intensità sismica orizzontale

$h_s$  quota testa cordolo-quota progetto (altezza finale)

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 17 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 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 1):

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

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle tab delle NTC 2008.

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

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

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

- ❖ Verifica del muro di sostegno

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

- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	18 di 168

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

SLU di tipo strutturale (STR-ECC)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

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

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

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tabella 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo. Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando almeno uno dei seguenti approcci progettuali che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

(Approccio 1)

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

(Approccio 2)

- Combinazione 1: A1+M1+R3

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

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

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**
**OPERE D'ARTE MINORI**
**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 19 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

**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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

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.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 20 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### 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 considerata sollecitazione di base (Q<sub>k1</sub> nella formula precedente).

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 21 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G<sub>1</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G<sub>2</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P<sub>k</sub> rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ<sub>2i</sub> coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q<sub>i</sub>;
- Q<sub>ki</sub> valore caratteristico dell'azione variabile Q<sub>i</sub>.

I valori dei coefficienti ψ<sub>2i</sub> sono riportati nella seguente tabella:

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

### 5.2.3 Stati Limite di Esercizio

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 22 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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 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".



**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

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

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 23 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 24 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA

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

### 6.1 VERIFICA SLE

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

#### 6.1.1 Verifiche delle tensioni

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

#### CALCESTRUZZO PALI E CORDOLO C32/40

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

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

#### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE MURI C25/30

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 25 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### ACCIAIO

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

#### 6.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	$w_k$	Poco sensibile Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Nel caso in esame si ha:

Condizioni Ambientali: aggressive

Armature: Poco Sensibili

Conseguentemente dovrà risultare:

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

### 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	26 di 168

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

## 6.2 VERIFICHE ALLO SLU

### 6.2.1 Pressoflessione

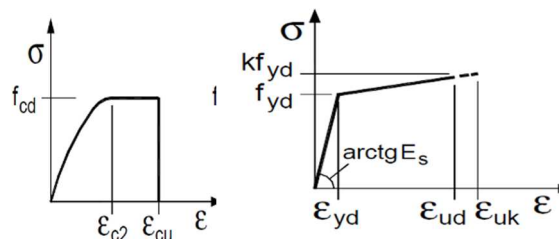
La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate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

#### CALCESTRUZZO C32/40

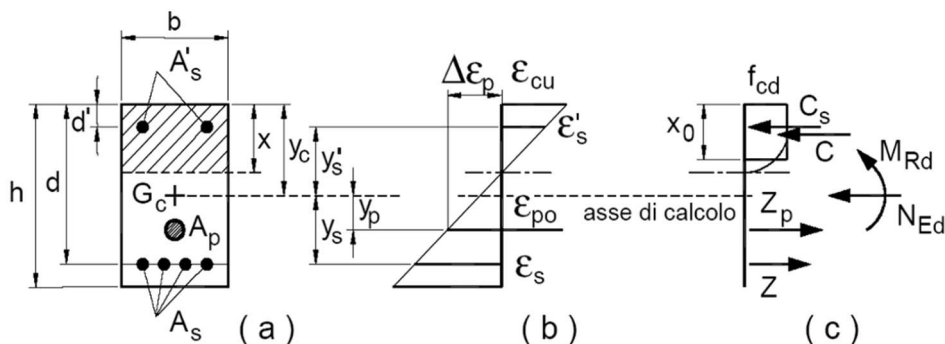
$$f_{cd} = 0.85 \cdot 0.83 \cdot R_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ MPa}$$

#### CALCESTRUZZO C25/30

$$f_{cd} = 0.85 \cdot 0.83 \cdot R_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ MPa}$$



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 27 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

#### 6.2.2 Taglio

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essendo:

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

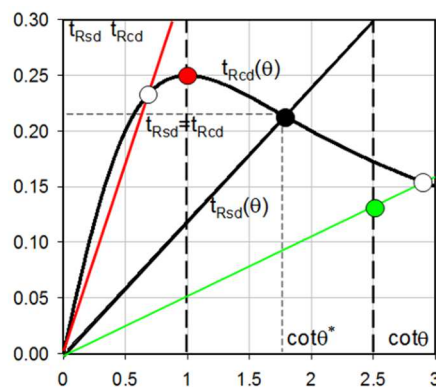
- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 28 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

$$1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$$

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

$$1 \leq \cotg \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21,8^\circ$$



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

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

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

dove

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

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

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

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

$\omega_{sw}$  : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 29 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

## 6.3 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE PER MURI CON FONDAZIONE SU PALI

Visto la vicinanza dei muri di sostegno alla spalla S2 del viadotto palente, per il calcolo delle lunghezze dei pali si è fatto riferimento alle curve di capacità portante della spalla del viadotto, pertanto per i criteri generali di verifica dei pali si rimanda alla relazione "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto e gallerie artificiali" doc. L0703213E02GE0001REL01.

Di seguito si riportano i diagrammi delle curve di capacità portante in forma tabellare:

### 6.3.1 Curve di Capacità Portante (Carico Limite dei pali di fondazione)

#### Curve di capacità portante per pali in compressione

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacità portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)

ottobre 2006

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 30 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	5.00 kN/m <sup>3</sup>
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.96 (FS, l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.30 (FS, b)
Elemento cilindrico, Diametro fusto	=	1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i" quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "Ala " (Coesivo) da .00 a 1.50 m

$G_n = 19.0$  kN/m<sup>3</sup>       $G_e = 9.0$  kN/m<sup>3</sup>

$\tau = \alpha * C_u < 100.0$  kPa

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$\tau > .23 * S'v$

$\tau < .55 * S'v$

$Q_b = 9.0 * C_u + S_v$

$C_u$  variabile lin. da 50.0 a 50.0 kPa

Strato 2 "Ag " (Incoerente) da 1.50 a 8.00 m

$G_n = 19.0$  kN/m<sup>3</sup>       $G_e = 9.0$  kN/m<sup>3</sup>

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$  kPa

$K = .70$        $\delta = 38.0$  deg

$Q_b = 17.0 * S'v < 5800.$  kPa

Strato 3 "Salt " (Coesivo) da 8.00 a 10.50 m

$G_n = 20.0$  kN/m<sup>3</sup>       $G_e = 10.0$  kN/m<sup>3</sup>

$\tau = \beta * S'v < 120.0$  kPa

$\beta = .10 + .40 C_u/S'v$

$\tau > .23 * S'v$



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 31 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v$$

Cu variabile lin. da 130.0 a 130.0 kPa



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 32 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE  
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "S" (Incoerente) da 10.50 a 13.50 m

Gn = 22.0 kN/m<sup>3</sup>                      Ge = 12.0 kN/m<sup>3</sup>

Tau variabile lin. da 150.0 a 150.0 kPa

Qb variabile lin. da 4000. a 4000. kPa

Strato 5 "S" (Incoerente) da 13.50 a 40.00 m

Gn = 22.0 kN/m<sup>3</sup>                      Ge = 12.0 kN/m<sup>3</sup>

Tau variabile lin. da 170.0 a 170.0 kPa

Qb variabile lin. da 5000. a 0. kPa

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE  
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "Ala"	1.00	1.00	1.00
2 "Ag"	1.00	1.00	-
3 "Salt"	1.00	1.00	1.00
4 "S"	1.00	1.00	-
5 "S"	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa \* Cu

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 33 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Cu	alfa
kPa	-
-----	
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40
-----	

pag./ 6

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qjb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
-----						
.00	.0	.0	50.0	.00	.0	284.
.50	4.5	9.5	50.0	.55	2.5	266.
1.00	9.0	19.0	50.0	.55	5.0	248.
1.50	13.5	28.5	50.0	.55	7.4	230.
2.00	18.0	38.0	--	.55	9.8	306.
2.50	22.5	47.5	--	.55	12.3	383.
3.00	27.0	57.0	--	.55	14.8	459.
3.50	31.5	66.5	--	.55	17.2	536.
4.00	36.0	76.0	--	.55	19.7	612.
4.50	40.5	85.5	--	.55	22.1	689.
5.00	45.0	95.0	--	.55	24.6	765.
5.50	49.5	104.5	--	.55	27.1	842.
6.00	54.0	114.0	--	.55	29.5	918.
6.50	58.5	123.5	--	.55	32.0	995.
7.00	63.0	133.0	--	.55	34.5	1071.
7.50	67.5	142.5	--	.55	36.9	1148.
8.00	72.0	152.0	--	.55	39.5	1224.
8.50	77.0	162.0	130.0	.55	42.4	1245.
9.00	82.0	172.0	130.0	.55	45.1	1266.
9.50	87.0	182.0	130.0	.55	47.9	1287.
10.00	92.0	192.0	130.0	.55	50.6	1308.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 34 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

10.50	97.0	202.0	130.0	1.05	101.7	1328.
11.00	103.0	213.0	--	1.46	150.0	1625.
11.50	109.0	224.0	--	1.38	150.0	1922.
12.00	115.0	235.0	--	1.30	150.0	2219.
12.50	121.0	246.0	--	1.24	150.0	2516.
13.00	127.0	257.0	--	1.18	150.0	2813.
13.50	133.0	268.0	--	1.20	160.0	3109.
14.00	139.0	279.0	--	1.22	170.0	3225.
14.50	145.0	290.0	--	1.17	170.0	3341.

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE  
 Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
15.00	151.0	301.0	--	1.13	170.0	3457.
15.50	157.0	312.0	--	1.08	170.0	3572.
16.00	163.0	323.0	--	1.04	170.0	3688.
16.50	169.0	334.0	--	1.01	170.0	3804.
17.00	175.0	345.0	--	.97	170.0	3920.
17.50	181.0	356.0	--	.94	170.0	4035.
18.00	187.0	367.0	--	.91	170.0	4151.
18.50	193.0	378.0	--	.88	170.0	4057.
19.00	199.0	389.0	--	.85	170.0	3962.
19.50	205.0	400.0	--	.83	170.0	3868.
20.00	211.0	411.0	--	.81	170.0	3774.
20.50	217.0	422.0	--	.78	170.0	3679.
21.00	223.0	433.0	--	.76	170.0	3585.
21.50	229.0	444.0	--	.74	170.0	3491.
22.00	235.0	455.0	--	.72	170.0	3396.
22.50	241.0	466.0	--	.71	170.0	3302.
23.00	247.0	477.0	--	.69	170.0	3208.
23.50	253.0	488.0	--	.67	170.0	3113.
24.00	259.0	499.0	--	.66	170.0	3019.
24.50	265.0	510.0	--	.64	170.0	2925.
25.00	271.0	521.0	--	.63	170.0	2830.
25.50	277.0	532.0	--	.61	170.0	2736.
26.00	283.0	543.0	--	.60	170.0	2642.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 35 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

26.50	289.0	554.0	--	.59	170.0	2547.
27.00	295.0	565.0	--	.58	170.0	2453.
27.50	301.0	576.0	--	.56	170.0	2358.
28.00	307.0	587.0	--	.55	170.0	2264.
28.50	313.0	598.0	--	.54	170.0	2170.
29.00	319.0	609.0	--	.53	170.0	2075.
29.50	325.0	620.0	--	.52	170.0	1981.

pag. / 8

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
30.00	331.0	631.0	--	.51	170.0	1887.
30.50	337.0	642.0	--	.50	170.0	1792.
31.00	343.0	653.0	--	.50	170.0	1698.
31.50	349.0	664.0	--	.49	170.0	1604.
32.00	355.0	675.0	--	.48	170.0	1509.
32.50	361.0	686.0	--	.47	170.0	1415.
33.00	367.0	697.0	--	.46	170.0	1321.
33.50	373.0	708.0	--	.46	170.0	1226.
34.00	379.0	719.0	--	.45	170.0	1132.
34.50	385.0	730.0	--	.44	170.0	1038.
35.00	391.0	741.0	--	.43	170.0	943.
35.50	397.0	752.0	--	.43	170.0	849.
36.00	403.0	763.0	--	.42	170.0	755.
36.50	409.0	774.0	--	.42	170.0	660.
37.00	415.0	785.0	--	.41	170.0	566.
37.50	421.0	796.0	--	.40	170.0	472.
38.00	427.0	807.0	--	.40	170.0	377.
38.50	433.0	818.0	--	.39	170.0	283.
39.00	439.0	829.0	--	.39	170.0	189.
39.50	445.0	840.0	--	.38	170.0	94.
40.00	451.0	851.0	--	.38	170.0	0.

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 36 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Ql1	Qb1	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	502.	0.	502.	218.
.50	3.	470.	4.	468.	201.
1.00	12.	438.	9.	440.	187.
1.50	26.	406.	13.	419.	176.
2.00	47.	541.	18.	570.	241.
2.50	73.	676.	22.	726.	309.
3.00	105.	811.	27.	889.	379.
3.50	142.	946.	31.	1058.	453.
4.00	186.	1081.	35.	1232.	530.
4.50	235.	1217.	40.	1412.	609.
5.00	290.	1352.	44.	1598.	692.
5.50	351.	1487.	49.	1789.	777.
6.00	418.	1622.	53.	1987.	865.
6.50	490.	1757.	57.	2190.	957.
7.00	568.	1893.	62.	2399.	1051.
7.50	653.	2028.	66.	2614.	1148.
8.00	742.	2163.	71.	2835.	1249.
8.50	839.	2200.	75.	2964.	1309.
9.00	942.	2237.	80.	3099.	1374.
9.50	1051.	2274.	84.	3241.	1441.
10.00	1167.	2311.	88.	3390.	1512.
10.50	1318.	2348.	93.	3573.	1601.
11.00	1643.	2872.	97.	4418.	1990.
11.50	1997.	3397.	102.	5292.	2394.
12.00	2350.	3921.	106.	6165.	2798.
12.50	2704.	4446.	110.	7039.	3202.
13.00	3057.	4970.	115.	7913.	3606.
13.50	3416.	5495.	119.	8792.	4013.
14.00	3811.	5699.	124.	9387.	4299.
14.50	4212.	5904.	128.	9987.	4588.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 37 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE  
 Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	4612.	6108.	133.	10588.	4876.
15.50	5013.	6313.	137.	11189.	5165.
16.00	5413.	6517.	141.	11789.	5454.
16.50	5814.	6722.	146.	12390.	5743.
17.00	6214.	6926.	150.	12990.	6032.
17.50	6615.	7131.	155.	13591.	6321.
18.00	7015.	7335.	159.	14192.	6610.
18.50	7416.	7169.	163.	14421.	6737.
19.00	7817.	7002.	168.	14651.	6864.
19.50	8217.	6835.	172.	14880.	6992.
20.00	8618.	6668.	177.	15109.	7119.
20.50	9018.	6502.	181.	15339.	7247.
21.00	9419.	6335.	186.	15568.	7374.
21.50	9819.	6168.	190.	15798.	7502.
22.00	10220.	6002.	194.	16027.	7629.
22.50	10620.	5835.	199.	16257.	7757.
23.00	11021.	5668.	203.	16486.	7884.
23.50	11422.	5501.	208.	16715.	8012.
24.00	11822.	5335.	212.	16945.	8139.
24.50	12223.	5168.	216.	17174.	8267.
25.00	12623.	5001.	221.	17404.	8394.
25.50	13024.	4835.	225.	17633.	8521.
26.00	13424.	4668.	230.	17863.	8649.
26.50	13825.	4501.	234.	18092.	8776.
27.00	14225.	4335.	239.	18321.	8904.
27.50	14626.	4168.	243.	18551.	9031.
28.00	15027.	4001.	247.	18780.	9159.
28.50	15427.	3834.	252.	19010.	9286.
29.00	15828.	3668.	256.	19239.	9414.
29.50	16228.	3501.	261.	19468.	9541.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 38 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	16629.	3334.	265.	19698.	9669.
30.50	17029.	3168.	269.	19927.	9796.
31.00	17430.	3001.	274.	20157.	9924.
31.50	17830.	2834.	278.	20386.	10051.
32.00	18231.	2667.	283.	20616.	10178.
32.50	18631.	2501.	287.	20845.	10306.
33.00	19032.	2334.	292.	21074.	10433.
33.50	19433.	2167.	296.	21304.	10561.
34.00	19833.	2001.	300.	21533.	10688.
34.50	20234.	1834.	305.	21763.	10816.
35.00	20634.	1667.	309.	21992.	10943.
35.50	21035.	1500.	314.	22222.	11071.
36.00	21435.	1334.	318.	22451.	11198.
36.50	21836.	1167.	323.	22680.	11326.
37.00	22236.	1000.	327.	22910.	11453.
37.50	22637.	834.	331.	23139.	11581.
38.00	23038.	667.	336.	23369.	11708.
38.50	23438.	500.	340.	23598.	11836.
39.00	23839.	333.	345.	23828.	11963.
39.50	24239.	167.	349.	24057.	12090.
40.00	24640.	0.	353.	24286.	12218.

Lp = Lunghezza utile del palo

Q11 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Q11/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 39 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### Curve di capacità portante per pali in trazione

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacità portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag. / 2

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

Quota testa palo da p.c. = .00 m  
 Quota falda da p.c. = .00 m  
 Peso di volume del palo = -15.00 kN/m3  
 Fattore di sicurezza portata laterale = 2.13 (FS,l)  
 Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.500 = 4.50$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "Ala " (Coesivo) da .00 a 1.50 m

$G_n = 19.0$  kN/m3       $G_e = 9.0$  kN/m3







## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 41 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Tau variabile lin. da 170.0 a 170.0 kPa

Qb variabile lin. da 0. a 0. kPa

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "Ala "	1.00	1.00	1.00
2 "Ag "	1.00	1.00	-
3 "Salt "	1.00	1.00	1.00
4 "S "	1.00	1.00	-
5 "S "	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa \* Cu

Cu	alfa
kPa	-
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 42 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	50.0	.00	.0	0.
.50	4.5	9.5	50.0	.55	2.5	0.
1.00	9.0	19.0	50.0	.55	5.0	0.
1.50	13.5	28.5	50.0	.47	6.3	0.
2.00	18.0	38.0	--	.39	7.0	0.
2.50	22.5	47.5	--	.39	8.8	0.
3.00	27.0	57.0	--	.39	10.5	0.
3.50	31.5	66.5	--	.39	12.3	0.
4.00	36.0	76.0	--	.39	14.1	0.
4.50	40.5	85.5	--	.39	15.8	0.
5.00	45.0	95.0	--	.39	17.6	0.
5.50	49.5	104.5	--	.39	19.3	0.
6.00	54.0	114.0	--	.39	21.1	0.
6.50	58.5	123.5	--	.39	22.9	0.
7.00	63.0	133.0	--	.39	24.6	0.
7.50	67.5	142.5	--	.39	26.4	0.
8.00	72.0	152.0	--	.47	33.9	0.
8.50	77.0	162.0	130.0	.55	42.4	0.
9.00	82.0	172.0	130.0	.55	45.1	0.
9.50	87.0	182.0	130.0	.55	47.9	0.
10.00	92.0	192.0	130.0	.55	50.6	0.
10.50	97.0	202.0	130.0	1.05	101.7	0.
11.00	103.0	213.0	--	1.46	150.0	0.
11.50	109.0	224.0	--	1.38	150.0	0.
12.00	115.0	235.0	--	1.30	150.0	0.
12.50	121.0	246.0	--	1.24	150.0	0.
13.00	127.0	257.0	--	1.18	150.0	0.
13.50	133.0	268.0	--	1.20	160.0	0.
14.00	139.0	279.0	--	1.22	170.0	0.
14.50	145.0	290.0	--	1.17	170.0	0.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 43 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	151.0	301.0	--	1.13	170.0	0.
15.50	157.0	312.0	--	1.08	170.0	0.
16.00	163.0	323.0	--	1.04	170.0	0.
16.50	169.0	334.0	--	1.01	170.0	0.
17.00	175.0	345.0	--	.97	170.0	0.
17.50	181.0	356.0	--	.94	170.0	0.
18.00	187.0	367.0	--	.91	170.0	0.
18.50	193.0	378.0	--	.88	170.0	0.
19.00	199.0	389.0	--	.85	170.0	0.
19.50	205.0	400.0	--	.83	170.0	0.
20.00	211.0	411.0	--	.81	170.0	0.
20.50	217.0	422.0	--	.78	170.0	0.
21.00	223.0	433.0	--	.76	170.0	0.
21.50	229.0	444.0	--	.74	170.0	0.
22.00	235.0	455.0	--	.72	170.0	0.
22.50	241.0	466.0	--	.71	170.0	0.
23.00	247.0	477.0	--	.69	170.0	0.
23.50	253.0	488.0	--	.67	170.0	0.
24.00	259.0	499.0	--	.66	170.0	0.
24.50	265.0	510.0	--	.64	170.0	0.
25.00	271.0	521.0	--	.63	170.0	0.
25.50	277.0	532.0	--	.61	170.0	0.
26.00	283.0	543.0	--	.60	170.0	0.
26.50	289.0	554.0	--	.59	170.0	0.
27.00	295.0	565.0	--	.58	170.0	0.
27.50	301.0	576.0	--	.56	170.0	0.
28.00	307.0	587.0	--	.55	170.0	0.
28.50	313.0	598.0	--	.54	170.0	0.
29.00	319.0	609.0	--	.53	170.0	0.
29.50	325.0	620.0	--	.52	170.0	0.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 44 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
30.00	331.0	631.0	--	.51	170.0	0.
30.50	337.0	642.0	--	.50	170.0	0.
31.00	343.0	653.0	--	.50	170.0	0.
31.50	349.0	664.0	--	.49	170.0	0.
32.00	355.0	675.0	--	.48	170.0	0.
32.50	361.0	686.0	--	.47	170.0	0.
33.00	367.0	697.0	--	.46	170.0	0.
33.50	373.0	708.0	--	.46	170.0	0.
34.00	379.0	719.0	--	.45	170.0	0.
34.50	385.0	730.0	--	.44	170.0	0.
35.00	391.0	741.0	--	.43	170.0	0.
35.50	397.0	752.0	--	.43	170.0	0.
36.00	403.0	763.0	--	.42	170.0	0.
36.50	409.0	774.0	--	.42	170.0	0.
37.00	415.0	785.0	--	.41	170.0	0.
37.50	421.0	796.0	--	.40	170.0	0.
38.00	427.0	807.0	--	.40	170.0	0.
38.50	433.0	818.0	--	.39	170.0	0.
39.00	439.0	829.0	--	.39	170.0	0.
39.50	445.0	840.0	--	.38	170.0	0.
40.00	451.0	851.0	--	.38	170.0	0.

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 45 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	3.	0.	-13.	16.	15.
1.00	12.	0.	-27.	38.	32.
1.50	26.	0.	-40.	65.	52.
2.00	41.	0.	-53.	94.	72.
2.50	59.	0.	-66.	126.	94.
3.00	82.	0.	-80.	162.	118.
3.50	109.	0.	-93.	202.	144.
4.00	140.	0.	-106.	246.	172.
4.50	175.	0.	-119.	295.	202.
5.00	215.	0.	-133.	347.	233.
5.50	258.	0.	-146.	404.	267.
6.00	306.	0.	-159.	465.	303.
6.50	358.	0.	-172.	530.	340.
7.00	414.	0.	-186.	599.	380.
7.50	474.	0.	-199.	672.	421.
8.00	541.	0.	-212.	753.	466.
8.50	634.	0.	-225.	860.	523.
9.00	737.	0.	-239.	976.	585.
9.50	847.	0.	-252.	1099.	649.
10.00	963.	0.	-265.	1228.	717.
10.50	1114.	0.	-278.	1392.	801.
11.00	1439.	0.	-292.	1730.	967.
11.50	1792.	0.	-305.	2097.	1146.
12.00	2146.	0.	-318.	2464.	1325.
12.50	2499.	0.	-331.	2830.	1505.
13.00	2852.	0.	-345.	3197.	1684.
13.50	3212.	0.	-358.	3570.	1866.
14.00	3606.	0.	-371.	3978.	2064.
14.50	4007.	0.	-384.	4391.	2266.

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 46 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Ip m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	4408.	0.	-398.	4805.	2467.
15.50	4808.	0.	-411.	5219.	2668.
16.00	5209.	0.	-424.	5633.	2869.
16.50	5609.	0.	-437.	6047.	3071.
17.00	6010.	0.	-451.	6460.	3272.
17.50	6410.	0.	-464.	6874.	3473.
18.00	6811.	0.	-477.	7288.	3675.
18.50	7211.	0.	-490.	7702.	3876.
19.00	7612.	0.	-504.	8116.	4077.
19.50	8013.	0.	-517.	8529.	4279.
20.00	8413.	0.	-530.	8943.	4480.
20.50	8814.	0.	-543.	9357.	4681.
21.00	9214.	0.	-557.	9771.	4883.
21.50	9615.	0.	-570.	10185.	5084.
22.00	10015.	0.	-583.	10598.	5285.
22.50	10416.	0.	-596.	11012.	5486.
23.00	10816.	0.	-610.	11426.	5688.
23.50	11217.	0.	-623.	11840.	5889.
24.00	11617.	0.	-636.	12254.	6090.
24.50	12018.	0.	-649.	12667.	6292.
25.00	12419.	0.	-663.	13081.	6493.
25.50	12819.	0.	-676.	13495.	6694.
26.00	13220.	0.	-689.	13909.	6896.
26.50	13620.	0.	-702.	14323.	7097.
27.00	14021.	0.	-716.	14736.	7298.
27.50	14421.	0.	-729.	15150.	7500.
28.00	14822.	0.	-742.	15564.	7701.
28.50	15222.	0.	-755.	15978.	7902.
29.00	15623.	0.	-769.	16392.	8103.
29.50	16024.	0.	-782.	16806.	8305.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 47 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

QUADRILATERO LOTTO 4-Viadotto Palente SPALLE

Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	16424.	0.	-795.	17219.	8506.
30.50	16825.	0.	-808.	17633.	8707.
31.00	17225.	0.	-822.	18047.	8909.
31.50	17626.	0.	-835.	18461.	9110.
32.00	18026.	0.	-848.	18875.	9311.
32.50	18427.	0.	-861.	19288.	9513.
33.00	18827.	0.	-875.	19702.	9714.
33.50	19228.	0.	-888.	20116.	9915.
34.00	19629.	0.	-901.	20530.	10117.
34.50	20029.	0.	-914.	20944.	10318.
35.00	20430.	0.	-928.	21357.	10519.
35.50	20830.	0.	-941.	21771.	10720.
36.00	21231.	0.	-954.	22185.	10922.
36.50	21631.	0.	-968.	22599.	11123.
37.00	22032.	0.	-981.	23013.	11324.
37.50	22432.	0.	-994.	23426.	11526.
38.00	22833.	0.	-1007.	23840.	11727.
38.50	23234.	0.	-1021.	24254.	11928.
39.00	23634.	0.	-1034.	24668.	12130.
39.50	24035.	0.	-1047.	25082.	12331.
40.00	24435.	0.	-1060.	25495.	12532.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$



**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 48 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 6.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI

### Carico orizzontale limite

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

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

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

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

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

### Unità a comportamento coesivo

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 49 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

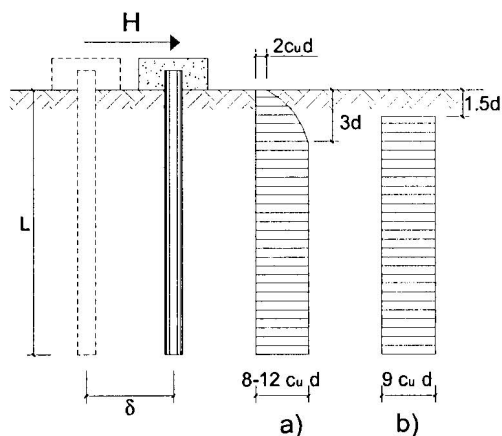


Fig. 3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

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

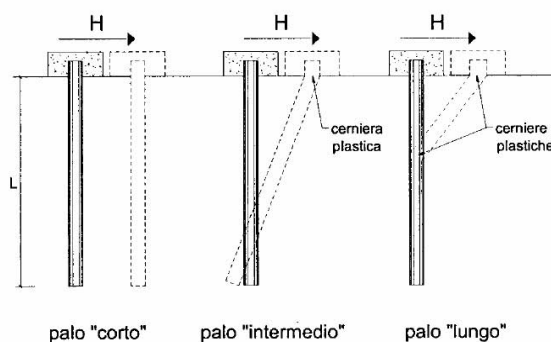


Fig. 4– meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 50 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

nelle sezioni che raggiungono un momento pari a  $M_y$ , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

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

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

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

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

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

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

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

Essendo:

$f$  la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

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

#### **Unità a comportamento incoerente**

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

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

essendo:

$k_p$  il coefficiente di spinta passiva;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 51 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

z la profondità da piano campagna;

y il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume  $\gamma'$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

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

#### Carico orizzontale resistente

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 52 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Coefficiente Parziale		
R1	R2	R3
1.0	1.6	1.3

**Tabella 3: Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze**

I coefficienti parziali di sicurezza utilizzati sono: R1 per le combinazioni di carico STR; R2 per le combinazioni di carico GEO; R3 per le combinazioni sismiche.

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

□ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagini:

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

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

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

**Tabella 4: Fattori di correlazione  $\xi$**

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a  $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$ .

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 53 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 6.5 VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Il punto 6.8 delle NTC08 e relativa circolare applicativa, tratta l'argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 "Verifiche di Sicurezza (SLU)" viene prescritto quanto di seguito:

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (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 6.8.I** – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

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

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 54 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### 6.5.1 VERIFICHE IN FASE SISMICA

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

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

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

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

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

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1 ;

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_p(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_p(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_p(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad (\text{accelerazione massima attesa al sito})$$

$S_s$  : coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$  : coefficiente di amplificazione topografica

Nel caso specifico si ha:

$$a_{\max} = 0,220 \cdot 1,176 = 0,29$$

$$\beta_s = 0,28 \quad - \text{ per categoria del suolo B}$$

Relativamente alla combinazione degli effetti sismici con le altre azioni e relative verifiche 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 55 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

sicurezza. ancora la circolare 617, per il caso dei pendii naturali, specificano al punto C 7.11.3.5 “Stabilità dei Pendii” viene specificato che le verifiche di sicurezza devono essere effettuate utilizzando i valori caratteristici delle proprietà meccaniche dei terreni; nei metodi pseudostatici la condizione di stato limite ultimo viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza, FS, definito come rapporto tra resistenza al taglio disponibile e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale). In definitiva, per le verifiche sismiche si è ritenuto accettabile un coefficiente di sicurezza unitario Per quanto riguarda invece il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, al punto 7.11.4 “Fronti di Scavo e Rilevati”, si specifica che Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali. Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando i coefficienti parziali di cui al § 7.11.1

### 7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

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

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

La circolare applicativa n.617 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2:  $(A2+M2+R2)$ , utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali A2 come specificato al § 7.11.1.

In definitiva, per il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, anche in fase sismica, il coefficiente di sicurezza minimo prescritto dalla Normativa è pari ad  $R2=1.1$  ( $\gamma_{R1}$ ).

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

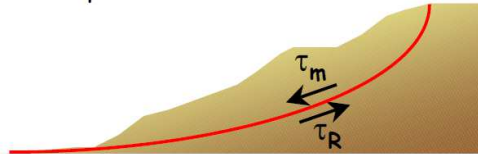
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 56 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------



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

Nel caso in esame, è stata utilizzato in particolare il metodo di **Bishop**, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

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

con

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

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  ed  $c_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e "c" e "φ" sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 57 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI

### 7.1 SCHEMA DI CALCOLO

In figura 17.1 è illustrato lo schema di fiferimento per le verifiche geotecniche:

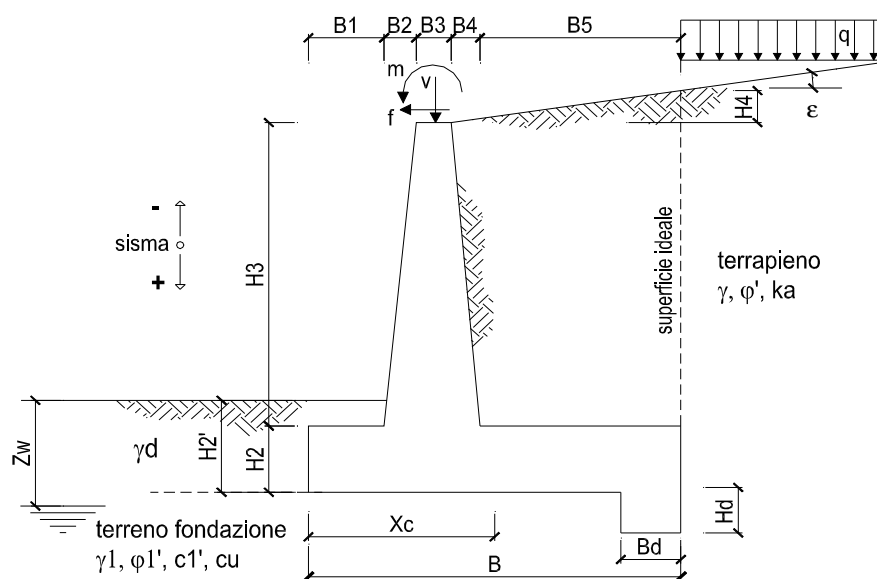


Figura 17.1 – Schema di calcolo

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 58 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

## 7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI SU PALI

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

### 7.2.1 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi assiali

Carichi massimi e minimi sui pali:

SOLLECITAZIONE SUI PALI: Concio n°1 -H=10.50 m					
caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
SLE	4280.41	2709.15	2709.15	1537.28	3511.19
Fess.	4145.54	2809.39	2809.39	1949.77	4453.32
A1+M1+R1	5242.57	2214.34	2214.34	2042.38	4664.86
A1+M1+R3	5242.57	2214.34	2214.34	2042.38	4664.86
A2+M1+R2	4442.25	2588.85	2588.85	1603.16	3661.67
sisma+	10947.99	-2909.52	-2909.52	3737.76	8537.14
sisma-	10878.34	-3787.27	-3787.27	3737.76	8537.14

SOLLECITAZIONE SUI PALI: Concio n° 2 – H = 9.60 m					
caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
SLE	3656.60	2785.35	2785.35	1330.57	3039.06
Fess.	3542.01	2867.92	2867.92	1683.30	3844.70
A1+M1+R1	4433.38	2410.33	2410.33	1770.37	4043.57
A1+M1+R3	4433.38	2410.33	2410.33	1770.37	4043.57
A2+M1+R2	3794.12	2686.27	2686.27	1391.51	3178.25
sisma+	9092.65	-1730.01	-1730.01	3256.58	7438.12
sisma-	9020.25	-2533.86	-2533.86	3256.58	7438.12

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 59 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Dall'esame delle curve di capacità portante viete in precedenza (Vedi il § 6.3.1) si ricava la lunghezza dei pali per il muro in oggetto:

#### **CONCIO 1**

L = 36.00 m

- Lunghezza pali del concio n° 1

Nmax = 10947.99 kN < 11198 kN

- Azione massima di compressione in sismica

Nmin = -3787.27 kN < -10922 kN

- Azione massima di trazione in sismica

#### **CONCIO 2**

L = 32.00 m

- Lunghezza pali del concio n° 2

Nmax = 9092.65 kN < 10178 kN

- Azione massima di compressione in sismica

Nmin = -2533.86 kN < -9311 kN

- Azione massima di trazione in sismica

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	60 di 168

### 7.2.2 Risultati verifiche dei pali nei confronti dei carichi ORIZZONTALI

#### CONCIO N° 1

COMBINAZIONE sismica

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	a	0.00	19	11	22	2.20	
✓ strato 2	Ecla	-1.10	19.5	11	26	2.56	135
✓ strato 3	Ag	-3.00	19	11	38	4.20	
✓ strato 4	Salt	-11.60	20	11	25	2.46	175
✓ strato 5	Sch	-13.10	22	11	27	2.66	
✓ strato 6	Sch	-36.00	22	11	27	2.66	

Quota falda 0 (m)  
 Diametro del palo D 1.50 (m)  
 Lunghezza del palo L 36.0 (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My 12165.72 (kNm)

palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo (clit+1)**

Palo lungo H = 8350.4 (kN)  
 Palo intermedio H = 20389.3 (kN)  
 Palo corto H = 94242.0 (kN)

Hlim = 8350.4 (kN) **Palo lungo**

Hed = Tpal = **3737.8** (kN) Hrd = 3778.5 (kN) Hlim/( $\xi^3 \cdot R_3$ )

FS = Hrd/Hed = 1.01

#### CONCIO N° 2

COMBINAZIONE sismica

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	a	0.00	19	11	22	2.20	
✓ strato 2	Ecla	-1.10	19.5	11	26	2.56	135
✓ strato 3	Ag	-3.00	19	11	38	4.20	
✓ strato 4	Salt	-11.60	20	11	25	2.46	175
✓ strato 5	Sch	-13.10	22	11	27	2.66	
✓ strato 6	Sch	-36.00	22	11	27	2.66	

Quota falda 0 (m)  
 Diametro del palo D 1.50 (m)  
 Lunghezza del palo L 32.0 (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My 10475.78 (kNm)

palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo (clit+1)**

Palo lungo H = 8350.4 (kN)  
 Palo intermedio H = 31270.9 (kN)  
 Palo corto H = 76315.0 (kN)

Hlim = 8350.4 (kN) **Palo lungo**

Hed = Tpal = **3256.6** (kN) Hrd = 3778.5 (kN) Hlim/( $\xi^3 \cdot R_3$ )

FS = Hrd/Hed = 1.16

### 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	61 di 168

## 7.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL MURO

Essendo i muri realizzati su pali di profondità pari a 36 m per il muro H = 10.50m e 32 m per il muro H = 9.60m, si precisa che la verifica di stabilità globale è stata omessa visto la profondità degli strati interessati dall'intervento.

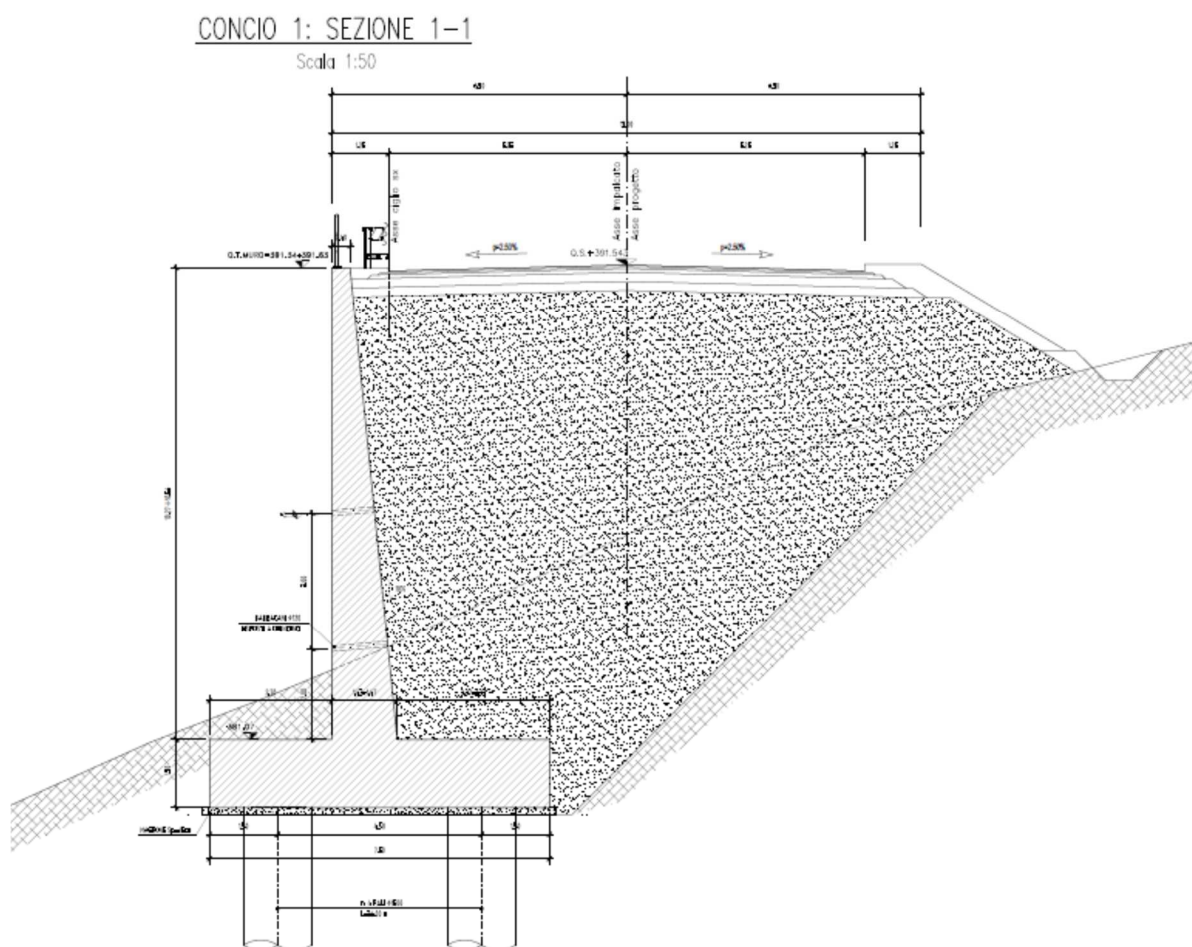


Figura 11.2 - Sezione 1 - Geometria del modello: Muro H=10.50 m.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 62 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 7.4 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

### 7.4.1 Verifiche per gli stati limite ultimi

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

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

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

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

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

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito in presenza di presso-flessione retta, utilizzato per verificare le seguenti sezioni:

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 63 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

- 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.

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

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 64 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

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

essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

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

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

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

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

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

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

•  $1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 65 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

qualsiasi tensione di compressione assiale.

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

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

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

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

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

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

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

- $w_1 = 0.3 \text{ mm}$  -combinazione frequente,
- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$  -combinazione quasi permanente

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

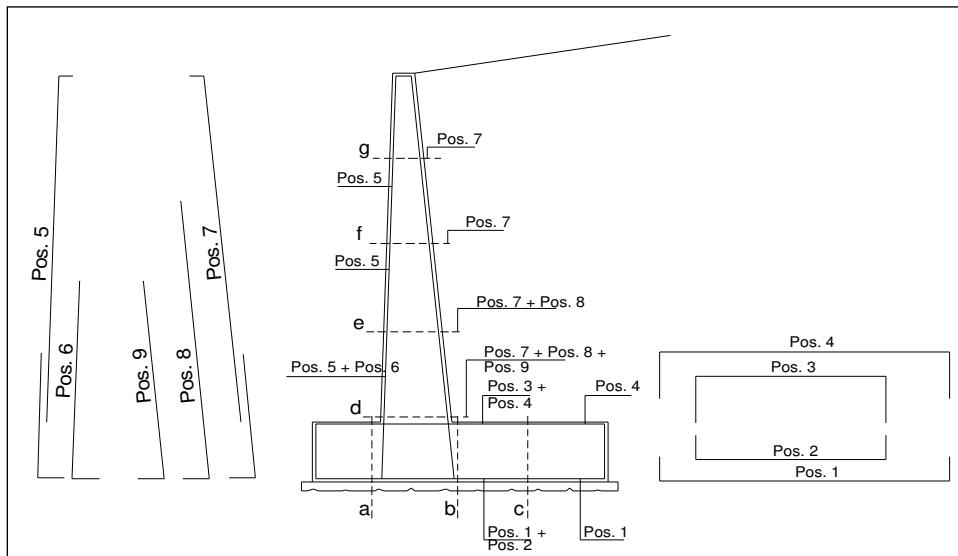
- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 66 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

## 7.1 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI

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

### SCHEMA DELLE ARMATURE



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

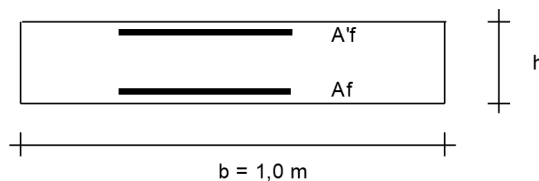
### 7.1.1 Sezione H= 10.50 m (Concio 1)

#### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

#### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 67 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### A1+M1+R1

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)	(m)
a - a	1261.33	0.00	1063.77	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-1790.74	0.00	-834.30	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-871.91	0.00	--	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	2614.09	536.62	685.16	1.45	106.19	10.05	5515.57	536.62	750.94
e - e	1193.96	331.46	408.55	1.19	106.19	10.05	4287.92	331.46	650.73
f - f	407.78	173.64	202.15	0.93	106.19	10.05	3121.43	173.64	550.97
g - g	71.23	63.15	65.97	0.66	53.09	10.05	1132.84	63.15	372.57

#### A2+M2+R2

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)	(m)
a - a	1047.91	0.00	885.92	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-1077.07	0.00	-478.48	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-673.16	0.00	--	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	2073.99	473.98	539.07	1.45	106.19	10.05	5487.33	473.98	750.94
e - e	953.95	294.90	323.29	1.19	106.19	10.05	4275.79	294.90	650.73
f - f	329.46	156.21	161.52	0.93	106.19	10.05	3117.76	156.21	550.97
g - g	58.74	57.91	53.75	0.66	53.09	10.05	1131.65	57.91	372.57

### 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)	(m)
a - a	2781.89	0.00	2329.26	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-3396.50	0.00	1771.11	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-763.87	0.00	--	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	4907.88	509.28	1103.43	1.45	106.19	10.05	5503.27	509.28	750.94
e - e	2090.57	308.71	625.77	1.19	106.19	10.05	4280.38	308.71	650.73
f - f	631.31	156.97	282.65	0.93	106.19	10.05	3117.92	156.97	550.97
g - g	83.37	54.06	181.02	0.66	53.09	10.05	1130.78	54.06	372.57

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 68 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

### VERIFICA FONDAZIONE

Verifica a taglio Sez. a-a			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	545.25	kN	
<b>VEd =</b>	<b>2329.26</b>	<b>kN</b>	<b>NO</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.374		$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.325	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00371		$\leq 0,02$
Copriferro =	67		
d =	1433	mm	
H =	1500	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	5309	mm <sup>2</sup>	(5ϕ16)
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
<b>Materiali (Unità N,mm)</b>			
Calcestruzzo		Acciaio	
R <sub>ck</sub> =	40	f <sub>ywk</sub> =	450
f <sub>ck</sub> =	33.20	f <sub>ywd</sub> =	391.3
f <sub>cd</sub> =	18.81		
f <sub>ctd</sub> =	1.45		
<b>Sezione da verificare</b>			
Altezza trave		1500	mm
Copriferro asse barra		67	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		20	1□20/40X40
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		1.96	mm <sup>2</sup> /mm
colg <sub>α</sub>	α =	90.00 °	0.00
colg <sub>θ</sub>	θ =	21.80 °	2.50
<b>Verifiche allo s.l.u. per taglio</b>			<b>VR,d &gt; VEd</b>
<b>Taglio di calcolo V<sub>Ed</sub></b>			2329.26 kN
V <sub>rcd</sub>			12047.12 kN
V <sub>rsd</sub>			2477.45 kN
<b>VRd = min[V<sub>rcd</sub>; V<sub>rsd</sub>]</b>		<b>ok</b>	2477.45 kN

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 69 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

Verifica a taglio Sez. b-b			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	594.45	kN	
<b>VEd =</b>	<b>1771.11</b>	<b>kN</b>	<b>NO</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.374		$\leq 2$
$Rck =$	40	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.325	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot Rck =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00480		$\leq 0,02$
Copriferro =	67	mm	
d =	1433	mm	
H =	1500	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	6880	mm <sup>2</sup>	(5φ16)
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
<b>Materiali (Unità N,mm)</b>			
Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	40	f <sub>ywk</sub> =	450
f <sub>ck</sub> =	33.20	f <sub>ywd</sub> =	391.3
f <sub>cd</sub> =	18.81		
f <sub>ctd</sub> =	1.45		
<b>Sezione da verificare</b>			
Altezza trave		1500	mm
Copriferro asse barra		67	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		20	1 □ 20/40X40
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		1.96	mm <sup>2</sup> /mm
cotgα	α = 90.00 °	0.00	
cotgθ	θ = 21.80 °	2.50	
<b>Verifiche allo s.l.u. per taglio</b>		<b>VR,d &gt; VEd</b>	
<b>Taglio di calcolo V<sub>Ed</sub></b>		1771.11 kN	
V <sub>rcd</sub>		12047.12 kN	
V <sub>rsd</sub>		2477.45 kN	
<b>VRd = min[V<sub>rcd</sub>; V<sub>rsd</sub>]</b>		<b>ok</b>	2477.45 kN

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 70 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### VERIFICA ELEVAZIONE

<b>Verifica a taglio Sez. d-d</b>			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1^3 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	750.94	kN	
<b>VEd =</b>	685.16	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.380		$\leq 2$
$Rck =$	40	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k \cdot \gamma_c^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.327	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ctk} = 0,83 \cdot Rck =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00768		$\leq 0,02$
Copriferro =	67		
d =	1383	mm	
H =	1450	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	10619	mm <sup>2</sup>	(5ϕ16)
<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	536.62	kN	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.370	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

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

##### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	1004.76	0.00	1.50	53.09	68.80	2.96	141.83
b - b	-1350.20	0.00	1.50	68.80	53.09	3.85	149.11
c - c	-691.05	0.00	1.50	53.09	53.09	0.49	97.35
d - d	1944.36	463.39	1.45	106.19	10.05	6.27	133.22
e - e	881.04	286.96	1.19	106.19	10.05	4.07	74.51
f - f	297.06	150.92	0.93	106.19	10.05	2.18	32.52
g - g	50.63	55.27	0.66	53.09	10.05	0.85	14.01

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

##### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	968.79	0.00	1.50	53.09	68.80	2.86	136.75	0.126	0.200
b - b	-1283.21	0.00	1.50	68.80	53.09	3.66	141.71	0.116	0.200
c - c	-674.27	0.00	1.50	53.09	53.09	0.48	94.99	0.087	0.200
d - d	1836.34	454.57	1.45	106.19	10.05	5.93	125.20	0.099	0.200
e - e	820.28	280.34	1.19	106.19	10.05	3.80	68.90	0.050	0.200
f - f	270.05	146.51	0.93	106.19	10.05	1.99	29.24	0.020	0.200
g - g	43.88	53.06	0.66	53.09	10.05	0.74	11.76	0.009	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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 71 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

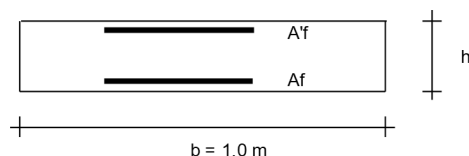
#### 7.1.2 Sezione H= 9.60 m (Concio 2)

##### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

Calcola

##### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

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

##### A1+M1+R1

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)	(m)
a - a	1045.55	0.00	883.95	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-1513.01	0.00	-700.08	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-792.47	0.00	--	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	2044.30	460.95	582.41	1.36	79.64	10.05	3990.79	460.95	656.90
e - e	938.63	286.36	348.77	1.12	79.64	10.05	3124.53	286.36	571.66
f - f	323.26	151.34	173.82	0.88	53.09	10.05	1620.87	151.34	427.94
g - g	57.34	55.88	57.56	0.64	26.55	10.05	574.62	55.88	292.35

##### A2+M2+R2

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)	(m)
a - a	875.08	0.00	741.89	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-870.61	0.00	-387.53	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-609.21	0.00	--	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	1625.33	408.03	459.00	1.36	79.64	10.05	3965.54	408.03	656.90
e - e	751.71	255.38	276.53	1.12	79.64	10.05	3113.14	255.38	571.66
f - f	261.86	136.49	139.21	0.88	53.09	10.05	1615.97	136.49	427.94
g - g	47.41	51.37	47.03	0.64	26.55	10.05	573.47	51.37	292.35

#### 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)	(m)
a - a	2286.39	0.00	1916.35	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-2833.25	0.00	1437.06	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-702.61	0.00	--	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	3761.16	435.01	924.51	1.36	79.64	10.05	3978.43	435.01	656.90
e - e	1603.50	265.02	524.69	1.12	79.64	10.05	3116.69	265.02	571.66
f - f	485.05	135.86	237.34	0.88	53.09	10.05	1615.76	135.86	427.94
g - g	64.36	47.52	151.85	0.64	26.55	10.05	572.49	47.52	292.35



## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 72 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

#### VERIFICA FONDAZIONE

Verifica a taglio Sez. a-a			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	545.25	kN	
<b>VEd =</b>	<b>1916.35</b>	<b>kN</b>	<b>NO</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.374		$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.325	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00371		$\leq 0,02$
Copriferro =	67		
d =	1433	mm	
H =	1500	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	5309	mm <sup>2</sup>	(5φ16)
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio			
Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
R <sub>ck</sub> =	40	f <sub>ywk</sub> =	450
f <sub>ck</sub> =	33.20	f <sub>ywd</sub> =	391.3
f <sub>cd</sub> =	18.81		
f <sub>ctd</sub> =	1.45		
Sezione da verificare			
Altezza trave		1500	mm
Copriferro asse barra		67	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		20	1 □ 20/40X40
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		1.96	mm <sup>2</sup> /mm
cotgα	α = 90.00 °	0.00	
cotgθ	θ = 21.80 °	2.50	
Verifiche allo s.l.u. per taglio			VR,d > VEd
Taglio di calcolo V <sub>Ed</sub>			1916.35 kN
V <sub>rcd</sub>			12047.12 kN
V <sub>rsd</sub>			2477.45 kN
VRd = min[V <sub>rcd</sub> ; V <sub>rsd</sub> ]			2477.45 kN
			ok

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	73 di 168

Verifica a taglio Sez. b-b			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	545.25	kN	
<b>VEd =</b>	<b>1437.06</b>	<b>kN</b>	<b>NO</b>
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.374		$\leq 2$
Rck =	40	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.325	N/mm <sup>2</sup>	
fck = 0,83 · Rck =	33.2	N/mm <sup>2</sup>	
fcd = $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00371		$\leq 0,02$
Copriferro =	67		
d =	1433	mm	
H =	1500	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	5309	mm <sup>2</sup>	(5φ16)
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

#### Verifiche allo stato limite ultimo di taglio

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
Rck =	40	fywk =	450
fck =	33.20	fywd =	391.3
fcd =	18.81		
fctd =	1.45		
Sezione da verificare			
Altezza trave		1500	mm
Copriferro asse barra		67	mm
Larghezza netta resistente a taglio		1000	mm
Diametro spille		20	1 □ 20/40X40
Bracci		2.5	
Interasse		400	mm
Area staffe al millimetro		1.96	mm <sup>2</sup> /mm
cotgα	α = 90.00 °	0.00	
cotgθ	θ = 21.80 °	2.50	
Verifiche allo s.l.u. per taglio		VR,d > VEd	
Taglio di calcolo V <sub>Ed</sub>		1437.06 kN	
V <sub>rcd</sub>		12047.12 kN	
V <sub>rsd</sub>		2477.45 kN	
VRd = min[V <sub>rcd</sub> ; V <sub>rsd</sub> ]		2477.45 kN	
		ok	

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 74 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### VERIFICA ELEVAZIONE

Verifica a taglio Sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	656.90	kN	
$VEd =$	582.41	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.393		$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.332	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00616		$\leq 0,02$
Copriferro =	67		
d =	1293	mm	
H =	1360	mm	
bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	7964	mm <sup>2</sup>	(5φ16)
N <sub>Ed</sub> =	460.95	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.339	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

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

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	838.41	0.00	1.50	53.09	53.09	2.61	118.87
b - b	-1139.33	0.00	1.50	53.09	53.09	3.54	161.54
c - c	-609.21	0.00	1.50	53.09	53.09	0.43	85.82
d - d	1516.97	398.35	1.36	79.64	10.05	5.98	145.11
e - e	690.76	248.12	1.12	79.64	10.05	3.85	80.89
f - f	234.77	131.65	0.88	53.09	10.05	2.29	50.86
g - g	40.63	48.95	0.64	26.55	10.05	0.88	21.46

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

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	807.85	0.00	1.50	53.09	53.09	2.51	114.54	0.105	0.200
b - b	-1079.25	0.00	1.50	53.09	53.09	3.36	153.02	0.140	0.200
c - c	-592.93	0.00	1.50	53.09	53.09	0.42	83.53	0.077	0.200
d - d	1426.68	390.28	1.36	79.64	10.05	5.63	135.70	0.110	0.200
e - e	639.97	242.07	1.12	79.64	10.05	3.57	74.34	0.058	0.200
f - f	212.20	127.62	0.88	53.09	10.05	2.07	45.31	0.039	0.200
g - g	34.99	46.93	0.64	26.55	10.05	0.76	17.72	0.018	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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag.di Pag. 75 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### 7.1.3 Verifiche strutturali DEI PALI

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

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

Le sollecitazioni di verifica sono riportate nelle tabelle seguenti.

SOLLECITAZIONE SUI PALI CONCIO 1: H = 10.50 M					
caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
SLE	4280.41	2709.15	2709.15	1537.28	3511.19
Fess.	4145.54	2809.39	2809.39	1949.77	4453.32
A1+M1+R1	5242.57	2214.34	2214.34	2042.38	4664.86
A1+M1+R3	5242.57	2214.34	2214.34	2042.38	4664.86
A2+M1+R2	4442.25	2588.85	2588.85	1603.16	3661.67
sisma+	10947.99	-2909.52	-2909.52	3737.76	8537.14
sisma-	10878.34	-3787.27	-3787.27	3737.76	8537.14

SOLLECITAZIONE SUI PALI CONCIO 2: H = 9.60 M					
caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
SLE	3656.60	2785.35	2785.35	1330.57	3039.06
Fess.	3542.01	2867.92	2867.92	1683.30	3844.70
A1+M1+R1	4433.38	2410.33	2410.33	1770.37	4043.57
A1+M1+R3	4433.38	2410.33	2410.33	1770.37	4043.57
A2+M1+R2	3794.12	2686.27	2686.27	1391.51	3178.25
sisma+	9092.65	-1730.01	-1730.01	3256.58	7438.12
sisma-	9020.25	-2533.86	-2533.86	3256.58	7438.12

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	76 di 168

#### CONCIO N° 1: Caratteristiche geometriche della sezione

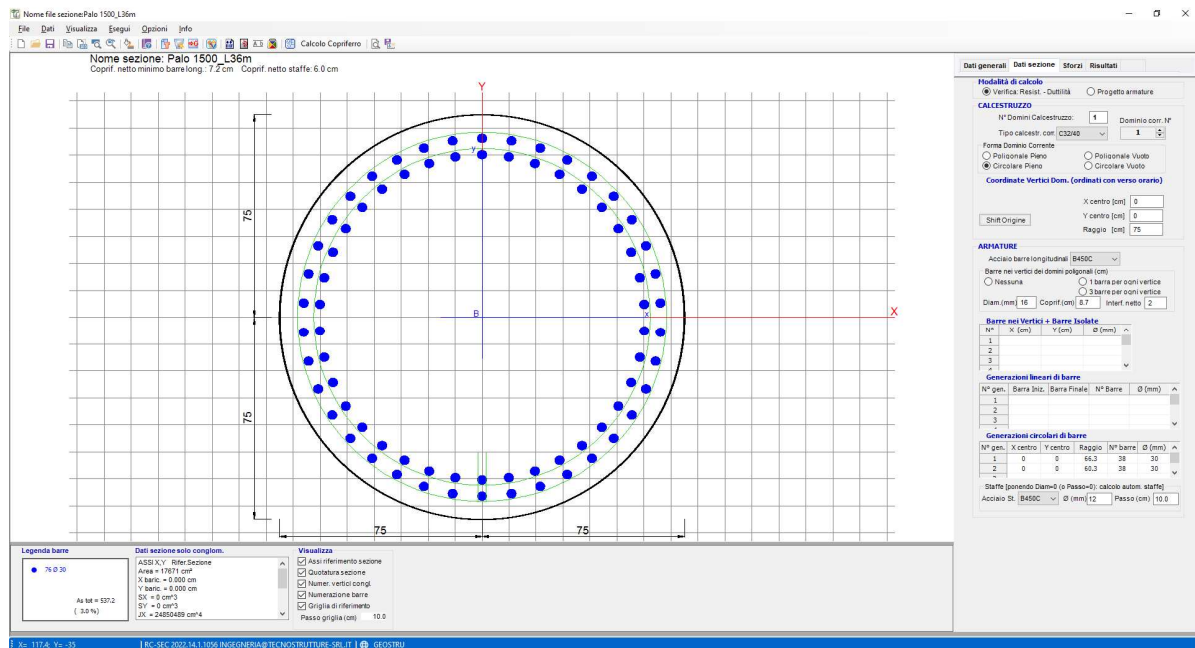
$\phi$	1500 cm
Armatura 1° strato Aa	38 $\phi$ 30 = 268.66 cm <sup>2</sup>
Copriferro 1°strato c1	8.70cm
Armatura 2° strato Aa	38 $\phi$ 30 = 268.66 cm <sup>2</sup>
Copriferro 2°strato c2	14.70cm

Per il taglio si sono disposte delle spille  $\phi$ 14/10 + anelli  $\phi$ 30/125 per un'armatura totale pari a.

Astaffe = 42.11 cm<sup>2</sup>/m > 40.10 cm<sup>2</sup>/m (veri tabulati di calcolo)

#### Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

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



#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo 1500\_L36m

(Percorso File: C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU31\2021-07-16\_Muro Mu30\Palo 1500\_L36m.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Resistenze agli Stati Limite Ultimi

Sezione generica di Pilastro

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	77 di 168

Condizioni Ambientali:  
Riferimento Sforzi assegnati:  
Riferimento alla sismicità:

Moderat. aggressive  
Assi x,y principali d'inerzia  
Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.4	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :		1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Calcestruzzo:	C32/40
Raggio circ.:	75.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				
N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	66.3	38	30
2	0.0	0.0	60.3	38	30

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	10.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	10947.99	8537.14	0.00	3737.76	0.00
2	-3787.27	8537.14	0.00	3737.76	0.00

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

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	78 di 168

N°Comb.	N	Mx	My
1	4280.41	2709.15	0.00
2	2709.15	2709.15	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	4145.54	4453.32 (2114.46)	0.00 (0.00)
2	2809.39	4453.32 (1958.67)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	10947.99	8537.14	0.00	10947.98	12608.61	0.00	1.48	
537.2(53.0)									
2	S	-3787.27	8537.14	0.00	-3787.48	9302.44	0.00	1.09	
537.2(53.0)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00307	0.0	66.3	-0.00344	0.0	-66.3
2	0.00350	0.0	75.0	0.00270	0.0	66.3	-0.00950	0.0	-66.3

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000049123	-0.000184257	----	----
2	0.000000000	0.000091989	-0.003399153	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	80 di 168

#### CONCIO N° 2: Caratteristiche geometriche della sezione

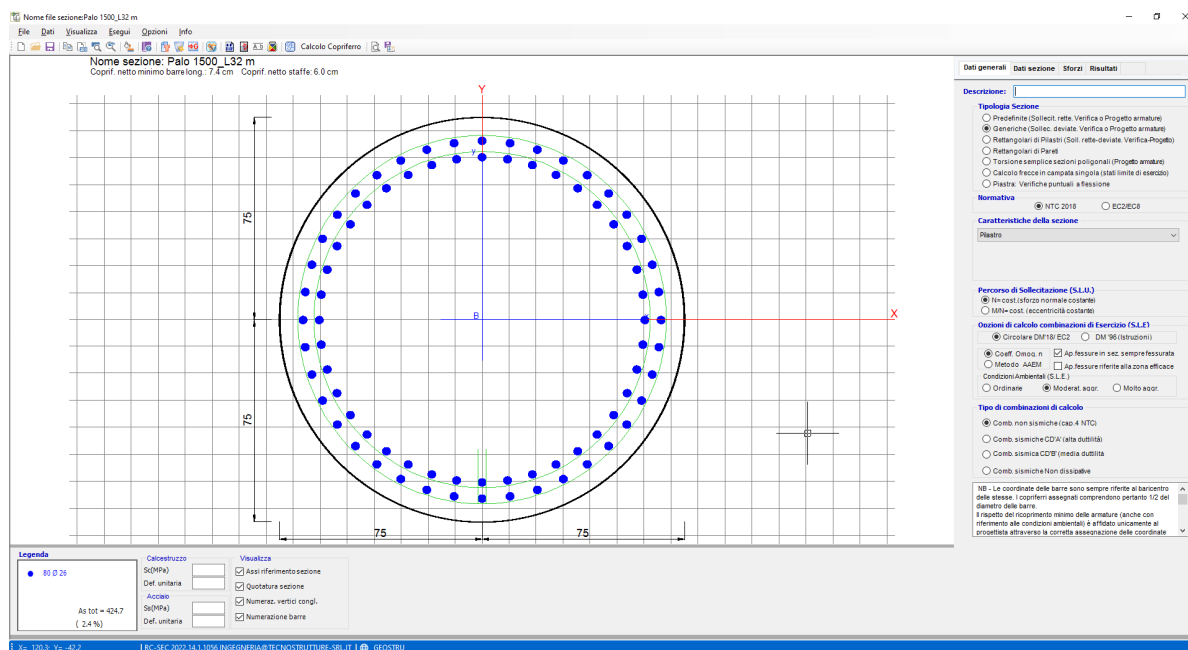
$\phi$	1500 cm
Armatura 1° strato Aa	$40\phi 26 = 212.40 \text{ cm}^2$
Copriferro 1°strato c1	8.50cm
Armatura 2° strato Aa	$40\phi 26 = 212.40 \text{ cm}^2$
Copriferro 2°strato c2	13.70cm

Per il taglio si sono disposte delle spille  $\phi 14/10$  + anelli  $\phi 26/125$  per un'armatura totale pari a.

Astaffe =  $39.30 \text{ cm}^2/\text{m} > 34.20 \text{ cm}^2/\text{m}$  (veri tabulati di calcolo)

#### Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

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



#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo 1500\_L32 m

(Percorso File: C:\archivio\Arch-Lavoro\A194\_Quadrilatero-Astaldi\PEDEMANTANA\Lotto 3-4\MU31\2021-07-16\_Muro Mu30\Palo 1500\_L32 m.sez)

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza:  
 Tipologia sezione:  
 Normativa di riferimento:  
 Percorso sollecitazione:  
 Condizioni Ambientali:  
 Riferimento Sforzi assegnati:  
 Riferimento alla sismicità:

Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Sezione generica di Pilastro  
 N.T.C.  
 A Sforzo Norm. costante  
 Moderat. aggressive  
 Assi x,y principali d'inerzia  
 Comb. non 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	81 di 168

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

<b>CALCESTRUZZO -</b>	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fod:	18.8 MPa
	Resis. compr. ridotta fod:	9.4 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
<b>ACCIAIO -</b>	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Biilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Calcestruzzo:	C32/40

Raggio circ.:	75.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				
N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	66.3	40	26
2	0.0	0.0	60.3	40	26

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	14 mm
Passo staffe:	10.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	9092.65	7438.12	0.00	3256.58	0.00
2	-2533.86	7438.12	0.00	3256.58	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	3656.60	3039.06	0.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	82 di 168

2 2785.35 3039.06 0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	3542.01	3844.70 (1926.43)	0.00 (0.00)
2	2867.82	3844.70 (1842.90)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.4 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	9092.65	7438.12	0.00	9092.57	10770.17	0.00	1.45	
424.7(53.0)									
2	S	-2533.86	7438.12	0.00	-2533.89	7703.11	0.00	1.04	
424.7(53.0)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00304	0.0	66.3	-0.00398	0.0	-66.3
2	0.00350	0.0	75.0	0.00267	0.0	66.3	-0.01002	0.0	-66.3

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000052917	-0.000468775	----	----
2	0.000000000	0.000095674	-0.003675515	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28) NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)



**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 84 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

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

Il calcolo dei muri viene eseguito secondo le seguenti fasi:

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

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

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

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

#### Affidabilità dei codici di calcolo

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 85 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### Modalità di presentazione dei risultati

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

#### Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 86 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

### Denominazione ed Estremi di Licenza del Software

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

### Tipo di analisi svolta

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

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

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

### Affidabilità dei codici di calcolo

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

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi



### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

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

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 87 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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.





**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

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

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 88 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## **ALLEGATO 1**

**TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO: H = 10.50 m**



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

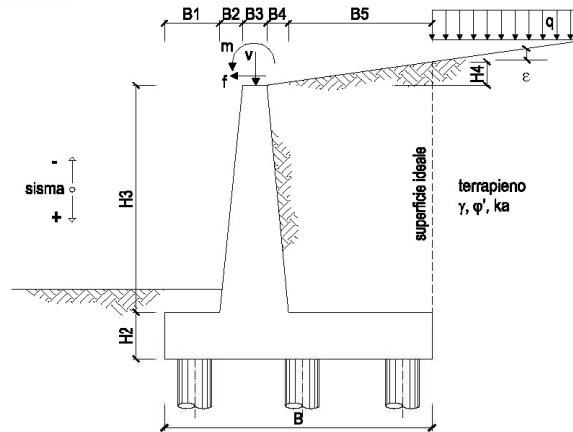
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	90 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO



OPERA con Hmuro = 10.50 m

DATI DI PROGETTO:

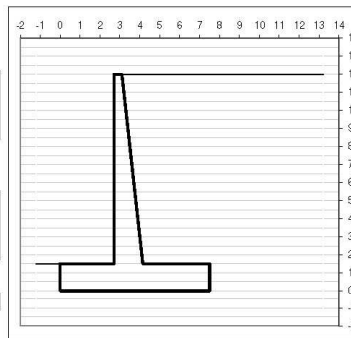
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	10.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	1.05	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	7.50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.50	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	2.70	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.35	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γcs =	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	-------	-------	----------------------



**Dati Geotecnici**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' =$	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma =$	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Sismici	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon =$	0.00	(°)	S = 1.176 (-) Coefficiente Categoria di Suolo
	Angolo di attrito terreno-paramento va posto pari a zero	$\delta_{muro} =$	17.50	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{superf} =$	17.50	(°)	
	Accelerazione sismica	$\alpha_g =$	0.220	(-)	
Coeff. Spinta	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta_m =$	1.00	(-)
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)		il muro ammette spostamenti? (si/no)		$r =$
Carichi Agenti	coefficiente sismico orizzontale	kh =	0.2587	(-)	Val Norm.
	coefficiente sismico verticale	kv =	0.1294	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	ka =	0.425	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ =	0.40	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- =	0.47	(-)	0.471

**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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	91 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

	caso	coefficienti parziali		
		azioni		proprietà del terreno
		permanentemente sfavorevoli	temporaneamente sfavorevoli	tan φ'
SLU	● caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○ caso A2+M1+R2	1.00	1.30	1.25
SLD	○ sistematica	1.00	1.00	1.25
def.	○ --	1.10	1.10	1.20

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>medio</sub>	=	17.50	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>superf</sub>	=	17.50	(°)	
Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.428	(-)	0.426
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.405
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471

**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

#### A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	105.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	137.81	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	524.06	(kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	703.50	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4-B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	143.33	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	846.83	(kN/m)

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

B1) Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	304.50	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	475.45	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1834.64	(kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	4097.89	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	544.64	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4642.52	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 92 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 798,26 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 153,51 \text{ (kN/m)}$$

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

condizione statica

$$MS1 = \frac{St \cdot (H_2 + H_3 + H_4)}{3} = 3045,28 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = \frac{Sq \cdot (H_2 + H_3 + H_4)}{2} = 878,44 \text{ (kNm)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>ext</sub>)

$$M_{ext1} = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext2} = l \cdot (H_3 + H_2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext3} = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 1657,09 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St_h + Sq_h + l = 907,73 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)

$$M_s = M_m + M_t + MSq_2 + MSq_2 + M_{ext3} = 8623,70 \text{ (kNm/m)}$$

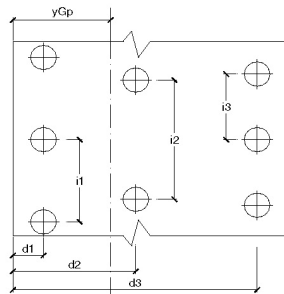
Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)

$$M_r = MS1 + MSq1 + M_{ext1} + M_{ext2} = 3923,72 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 4699,98 \text{ (kNm/m)}$$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali  $d = 1,50 \text{ (m)}$

Fila n° 1 distanza asse bordo valle (d1) =  $1,50 \text{ (m)}$  interasse pali (i1) =  $4,50 \text{ (m)}$

Fila n° 2 distanza asse bordo valle (d2) =  $6,00 \text{ (m)}$  interasse pali (i2) =  $9,00 \text{ (m)}$

Fila n° 3 distanza asse bordo valle (d3) =  $6,00 \text{ (m)}$  interasse pali (i3) =  $9,00 \text{ (m)}$

Asse Baricentrico della Palificata (y<sub>Gp</sub>) =  $3,750 \text{ (m)}$

Risultante forze verticali (N<sub>p</sub> = N)

Risultante forze orizzontali (T<sub>p</sub> = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M<sub>p</sub>)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N <sub>p</sub> [kN]	M <sub>p</sub> [kNm]	T <sub>p</sub> [kN]
statico	1657,09	1514,12	907,73

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
statico	5242,57	2214,34	2214,34	2042,38	4664,86

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

caso	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	5242,57	2214,34	2214,34	2042,38	4664,86

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 93 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)

$\gamma_{m,c}$  = 2.1

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 18.81 (MPa)

##### Coprifero

c = 6.70 (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)

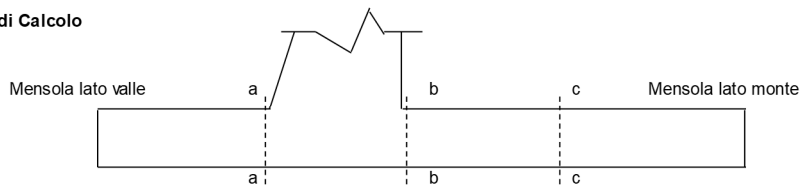
$\epsilon_{ys}$  = 0.19%

$\epsilon_{uk}$  = 3.000%

$\epsilon_{ud}$  = 2.700%

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

##### Mensola Lato Monte

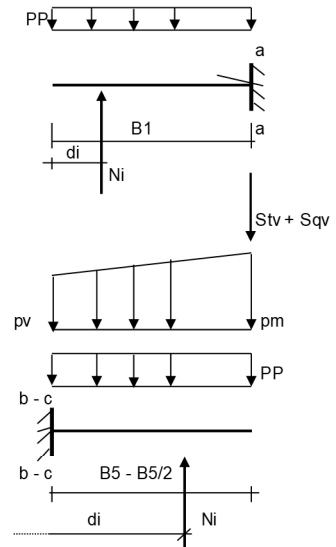
$$M_b = \sum N_i \cdot (B5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc	Ta	Tb
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN]	[kN]
statico	1261.33	-1790.74	-871.91	1063.77	-834.30

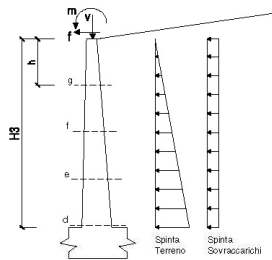


Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 94 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r$	= 1	
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo:	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294	(-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426	
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.168	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.456	(-)	0.456	
	componente orizzontale	kas1+	=	0.419	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.189	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.527	(-)	0.527	
	componente orizzontale	kas1-	=	0.494	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.208	(-)			

$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$

o  $\frac{1}{2} K_{a,eq} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2$  (con sisma)

$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$

$M_{act} = m \cdot P \cdot h$

$M_{acc218} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh$  (solo con sisma)

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

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

$N_{act} = v$

$N_{sp+hr20} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$

**condizione statica**

sezione	h [m]	Tt	Tq	Tact	Ttot
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	561.70	123.45	0.00	685.16
e-e	7.88	315.96	92.59	0.00	408.55
f-f	5.25	140.43	61.73	0.00	202.15
g-g	2.63	35.11	30.86	0.00	65.97

**condizione statica**

sezione	h [m]	Mt	Mq	Mact	Mtot	Nt	Nq	Nact	Nsp	Ntot
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	1965.97	648.12	0.00	2614.09	240.87	52.94	0.00	242.81	536.62
e-e	7.88	829.39	364.57	0.00	1193.96	135.49	39.70	0.00	156.27	331.46
f-f	5.25	245.75	162.03	0.00	407.78	60.22	26.47	0.00	86.95	173.64
g-g	2.63	30.72	40.51	0.00	71.23	15.05	13.23	0.00	34.86	63.15

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

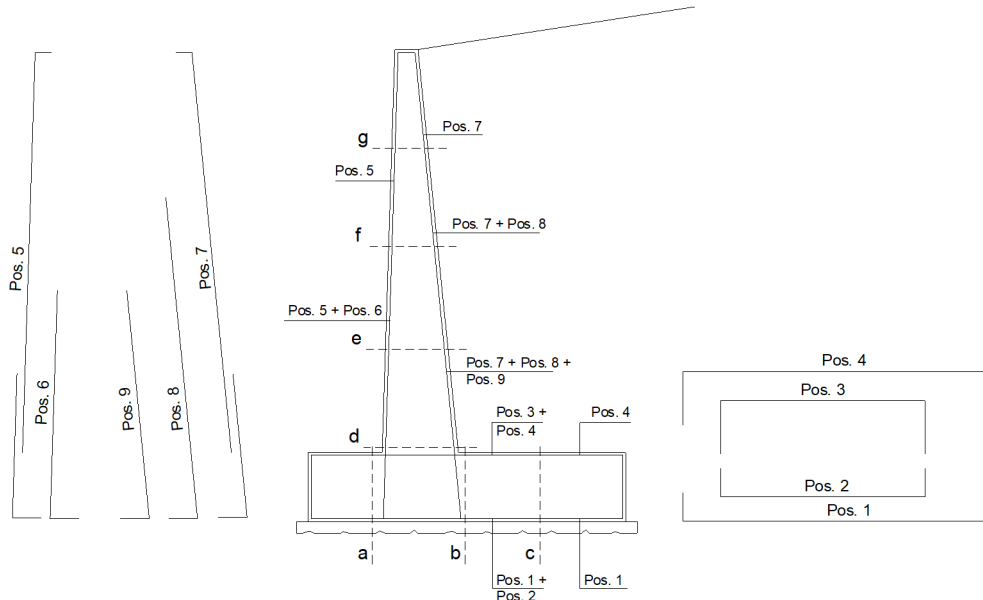
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 95 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

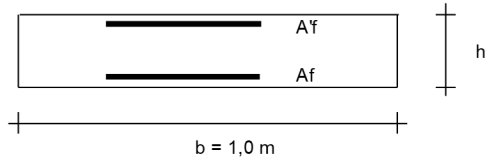


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	1261.33	0.00	1063.77	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-1790.74	0.00	-834.30	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-871.91	0.00	-	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	2614.09	536.62	685.16	1.45	106.19	10.05	5515.57	536.62	750.94
e - e	1193.96	331.46	408.55	1.19	106.19	10.05	4287.92	331.46	650.73
f - f	407.78	173.64	202.15	0.93	106.19	10.05	3121.43	173.64	550.97
g - g	71.23	63.15	65.97	0.66	53.09	10.05	1132.84	63.15	372.57



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	96 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanentemente sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'
SLU	<input type="radio"/> caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	
	<input checked="" type="radio"/> caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	
SLD	<input type="radio"/> sismica	1.00	1.00	1.25	
def.	<input type="radio"/> --	1.10	1.10	1.20	

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>limb</sub>	=	17.50	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	17.50	(°)	
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.405
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471

**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	(kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kNm)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kNm)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### A) FORZE VERTICALI

**A1) Peso del Muro (Pm)**

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	105.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	137.81	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	524.06	(kN/m)

**A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)**

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	703.50	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4-B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	143.33	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	846.83	(kN/m)

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

**B1) Muro (Mm)**

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1-B2+0.5*B3)	=	304.50	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1-B2+B3+1/3 B4)	=	475.45	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1834.64	(kNm/m)

**B2) Terrapieno a tergo del muro**

Mt1 = Pt1*(B1-B2-B3+B4+0.5*B5)	=	4097.89	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1-B2-B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1-B2-B3+2/3*B4)	=	544.64	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4642.52	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 97 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica  
 $S_t = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 798,26 \text{ (kN/m)}$   
 $S_q = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 153,51 \text{ (kN/m)}$

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

condizione statica  
 $MS_{t1} = S_t \cdot h \cdot (H_2 + H_3 + H_4) / 3 = 3045,28 \text{ (kNm)}$   
 $MS_{q1} = S_q \cdot h \cdot (H_2 + H_3 + H_4) / 2 = 378,44 \text{ (kNm)}$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>ext</sub>)  
 $M_{ext1} = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$   
 $M_{ext2} = f \cdot (H_3 + H_2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$   
 $M_{ext3} = v \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)  
 $N = P_m + P_l + v + S_t v + S_q v = 1657,09 \text{ (kN/m)}$

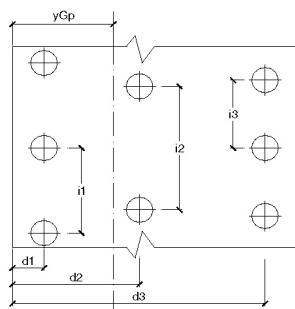
Risultante forze orizzontali (T)  
 $T = S_t h + S_q h + f = 907,73 \text{ (kN/m)}$

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)  
 $M_s = M_m + M_t + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{ext3} = 8623,70 \text{ (kNm/m)}$

Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)  
 $M_r = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{ext1} + M_{ext2} = 3923,72 \text{ (kNm/m)}$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)  
 $MM = M_s - M_r = 4699,98 \text{ (kNm/m)}$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali  $d = 1,50 \text{ (m)}$   
 Fila n° 1 distanza asse bordo valle (d1) =  $1,50 \text{ (m)}$  interasse pali (i1) =  $4,50 \text{ (m)}$   
 Fila n° 2 distanza asse bordo valle (d2) =  $6,00 \text{ (m)}$  interasse pali (i2) =  $9,00 \text{ (m)}$   
 Fila n° 3 distanza asse bordo valle (d3) =  $6,00 \text{ (m)}$  interasse pali (i3) =  $9,00 \text{ (m)}$

Asse Baricentrico della Palificata ( $y_{Gp}$ ) =  $3,750 \text{ (m)}$

Risultante forze verticali ( $N_p = N$ )

Risultante forze orizzontali ( $T_p = T$ )

Momento rispetto al baricentro della palificata ( $M_p$ )

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	$N_p$ [kN/m]	$M_p$ [kNm/m]	$T_p$ [kN/m]
statico	1657,09	1514,12	907,73

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
------	--------------	--------------	--------------	--------	--------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

caso	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	5242,57	2214,34	2214,34	2042,38	4664,86

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 98 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)  
 $\gamma_c = 2.1$   
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 18.81$  (MPa)

##### Copriferro

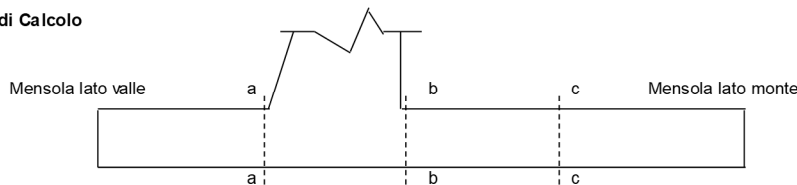
c = 6.70 (cm)

##### 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)  
 $\epsilon_{ys} = 0.19\%$   
 $\epsilon_{uk} = 3.000\%$   
 $\epsilon_{ud} = 2.700\%$

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B_1^2 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

##### Mensola Lato Monte

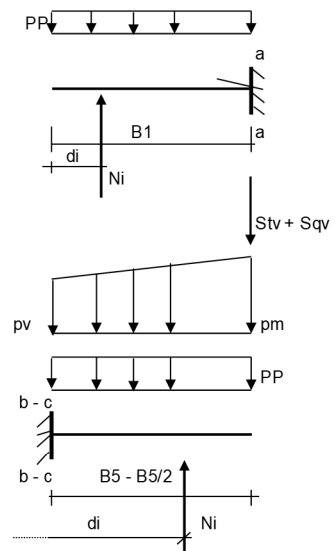
$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	p <sub>m</sub>	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc	Ta	Tb
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN]	[kN]
statico	1261.33	-1790.74	-871.91	1063.77	-834.30



## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

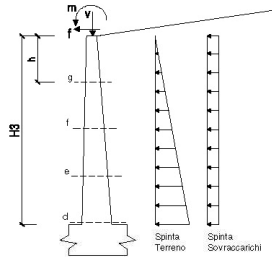
- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 99 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta$	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale		kh	=	0.2587	(-)	
	coefficiente sismico verticale		kv	=	0.1294	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete		ka	=	0.426	(-)	0.426
	componente orizzontale		kah	=	0.392	(-)	
	componente verticale		kav	=	0.168	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas+	=	0.456	(-)	0.456
	componente orizzontale		kash+	=	0.419	(-)	
	componente verticale		kasv+	=	0.189	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas-	=	0.527	(-)	0.527
	componente orizzontale		kash-	=	0.484	(-)	
componente verticale		kasv-	=	0.208	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2$$

$$M_{act} = m \cdot P \cdot h$$

$$M_{soct} = \sum P_m \cdot b_i \cdot k_h$$

(solo con sisma)

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

$$N_q = K_{a_{sist.}} \cdot \gamma \cdot h$$

$$N_{act} = v$$

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

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

condizione statica

sezione	h [m]	Tt	Tq	T <sub>act</sub>	T <sub>soct</sub>
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	561.70	123.45	0.00	685.16
e-e	7.88	315.96	92.59	0.00	408.55
f-f	5.25	140.43	61.73	0.00	202.15
g-g	2.63	35.11	30.86	0.00	65.97

condizione statica

sezione	h [m]	Mt	Mq	M <sub>act</sub>	M <sub>soct</sub>	Nt	Nq	N <sub>act</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>soct</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	1965.97	648.12	0.00	2614.09	240.87	52.94	0.00	242.81	536.62
e-e	7.88	829.39	364.57	0.00	1193.96	135.49	39.70	0.00	156.27	331.46
f-f	5.25	245.75	162.03	0.00	407.78	60.22	26.47	0.00	86.95	173.64
g-g	2.63	90.72	40.51	0.00	71.23	15.05	13.23	0.00	34.86	63.15

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

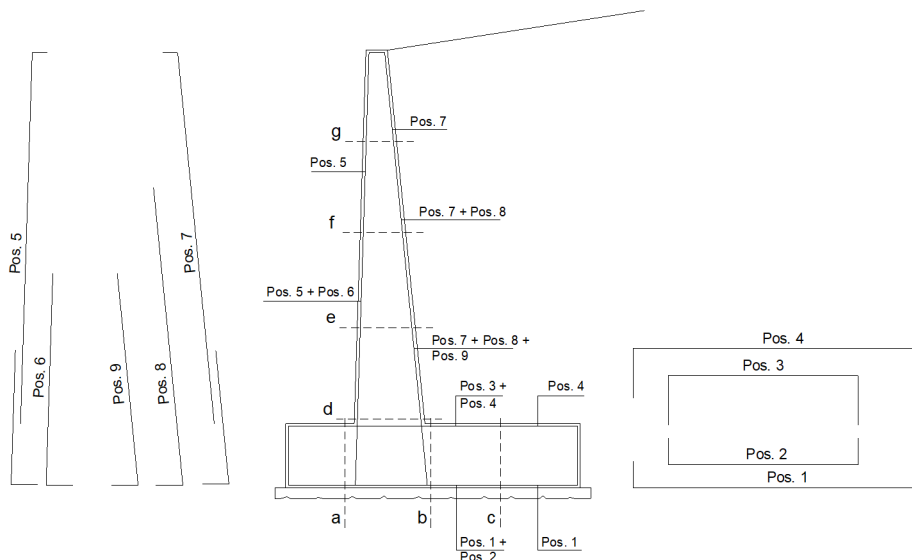
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 100 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

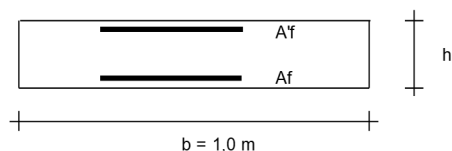


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	1261.33	0.00	1063.77	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-1790.74	0.00	-834.30	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-871.91	0.00	-	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	2614.09	536.62	685.16	1.45	106.19	10.05	5515.57	536.62	750.94
e - e	1193.96	331.46	408.55	1.19	106.19	10.05	4287.92	331.46	650.73
f - f	407.78	173.64	202.15	0.93	106.19	10.05	3121.43	173.64	550.97
g - g	71.23	63.15	65.97	0.66	53.09	10.05	1132.84	63.15	372.57

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	101 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

	caso	coefficienti parziali		
		azioni		proprietà del terreno
		permanentemente sfavorevoli	temporaneamente sfavorevoli	tan φ'
SLU	○ caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	● caso A2+M1+R2	<b>1.00</b>	<b>1.30</b>	<b>1.00</b>
SLD	○ sismica	1.00	1.00	1.25
def.	○ --	1.10	1.10	1.20

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>limb</sub>	=	17.50	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	17.50	(°)	
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.405
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471

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

Condizioni Statiche					
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	26.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kNm)	
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kNm)	
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	(kNm)	
Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kNm)	
Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)	

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### A) FORZE VERTICALI

**A1) Peso del Muro (Pm)**

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	105.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	137.81	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	524.06	(kN/m)

**A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)**

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	703.50	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4-B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	110.25	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	813.75	(kN/m)

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

**B1) Muro (Mm)**

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1-B2+0.5*B3)	=	304.50	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1-B2+B3+1/3 B4)	=	475.45	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1834.64	(kNm/m)

**B2) Terrapieno a tergo del muro**

Mt1 = Pt1*(B1-B2-B3+B4+0.5*B5)	=	4097.89	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1-B2-B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1-B2-B3+2/3*B4)	=	418.95	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4516.84	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 102 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica  
 $S_t = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 614,05 \text{ (kN/m)}$   
 $S_q = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 133,04 \text{ (kN/m)}$

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

condizione statica  
 $MS1 = S_t \cdot (H_2 + H_3 + H_4) / 3 = 2342,52 \text{ (kNm)}$   
 $MSq1 = S_q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) / 2 = 761,32 \text{ (kNm)}$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>ext</sub>)  
 $M_{ext1} = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$   
 $M_{ext2} = l \cdot (H_3 + H_2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$   
 $M_{ext3} = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$

### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)  
 $N = P_m + P_t + v + S_t + S_q = 1562,47 \text{ (kN/m)}$

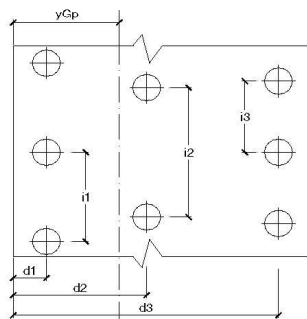
Risultante forze orizzontali (T)  
 $T = S_t + S_q + l = 712,52 \text{ (kN/m)}$

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)  
 $M_s = M_m + M_t + MS1 + MSq1 + M_{ext3} = 3036,39 \text{ (kNm/m)}$

Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)  
 $M_r = MS1 + MSq1 + M_{ext1} + M_{ext2} = 3103,84 \text{ (kNm/m)}$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)  
 $MM = M_s - M_r = 4932,56 \text{ (kNm/m)}$

### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali  $d = 1,50 \text{ (m)}$   
 Fila n° 1 distanza asse bordo valle (d1) =  $1,50 \text{ (m)}$  interasse pali (1) =  $4,50 \text{ (m)}$   
 Fila n° 2 distanza asse bordo valle (d2) =  $6,00 \text{ (m)}$  interasse pali (2) =  $9,00 \text{ (m)}$   
 Fila n° 3 distanza asse bordo valle (d3) =  $6,00 \text{ (m)}$  interasse pali (3) =  $9,00 \text{ (m)}$

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) =  $3,750 \text{ (m)}$

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	Tp [kN/m]
statico	1562,47	926,70	712,52

### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
----	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	4442,25	2588,85	2588,85	1603,16	3661,67

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 103 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)  
 $\gamma_c = 2.1$   
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 18.81$  (MPa)

#### Copriferro

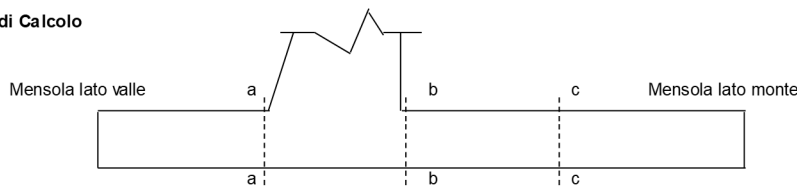
c = 6.70 (cm)

#### 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)  
 $\epsilon_{ys} = 0.19\%$   
 $\epsilon_{uk} = 3.000\%$   
 $\epsilon_{ud} = 2.700\%$

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

#### Sezioni di Calcolo



#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

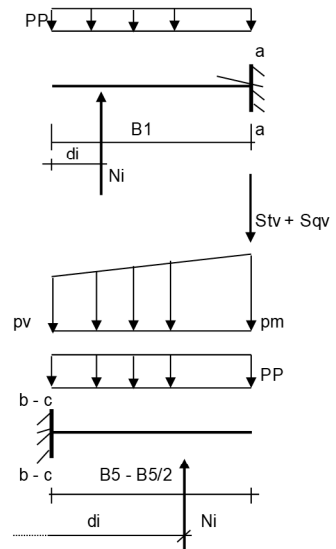
$$M_b = \sum N_i \cdot (B5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	p <sub>m</sub>	=	210.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	210.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	210.00	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc	Ta	Tb
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN]	[kN]
statico	1047.91	-1077.07	-673.16	885.92	-478.48



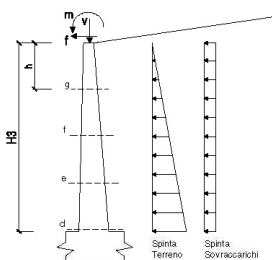


Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 104 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=	1.18
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.168	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.456	(-)	0.456		
	componente orizzontale	kash+	=	0.419	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.189	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.527	(-)	0.527			
componente orizzontale	kash-	=	0.484	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.208	(-)				

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

$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$

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

$M_{a_{sizm}} = \sum P_m \cdot h \cdot kh$  (solo con sisma)

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

$N_q = K_{a_{sizm}} \cdot q \cdot h$

$N_{act} = v$

$N_{pp-h/2} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$

**condizione statica**

sezione	h [m]	Tt	Tq	Tact	Tst
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	432.08	106.99	0.00	539.07
e-e	7.88	243.05	80.24	0.00	323.29
f-f	5.25	108.02	53.50	0.00	161.52
g-g	2.63	27.01	26.75	0.00	53.75

**condizione statica**

sezione	h [m]	Mt	Mq	Mact	Mst	Nt	Nq	Nact	Npp	Nst
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	1512.28	561.70	0.00	2073.99	185.28	45.88	0.00	242.81	473.98
e-e	7.88	637.99	315.96	0.00	953.95	104.22	34.41	0.00	156.27	294.90
f-f	5.25	189.04	140.43	0.00	329.46	46.32	22.94	0.00	86.95	156.21
g-g	2.63	23.63	35.11	0.00	58.74	11.58	11.47	0.00	34.86	57.91

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

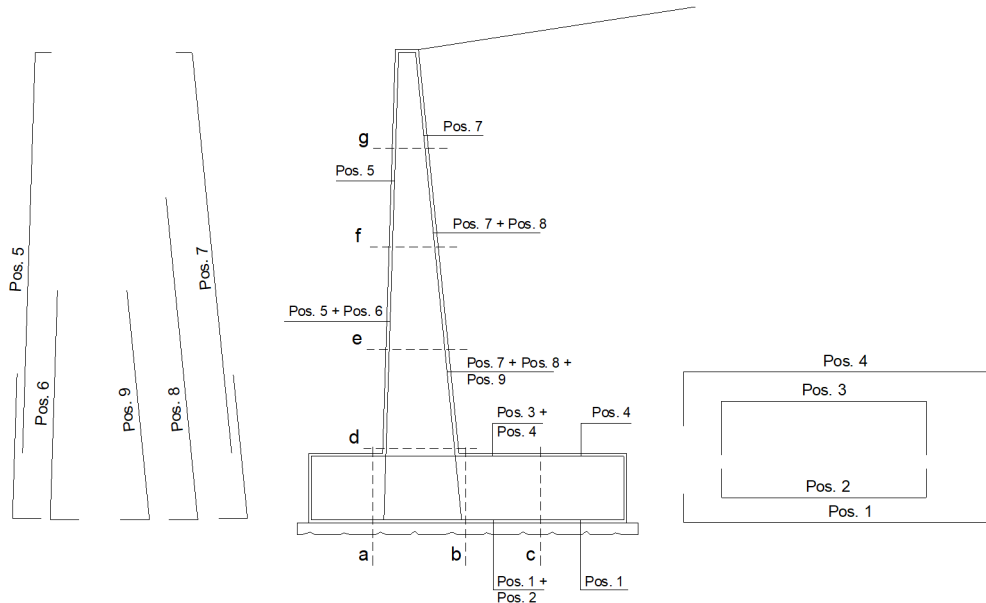
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 105 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

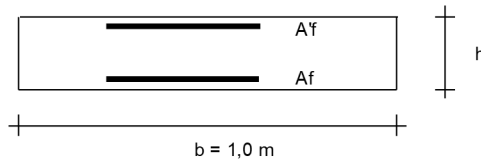


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4  
b-b pos 1-2-3-4  
c-c pos 1-4  
d-d pos 5-7-11-10-8  
e-e pos 5-7-11-10-8  
f-f pos 5-10-8  
g-g pos 5-8

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	A'f (cm <sup>2</sup> )	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (m)
(-)									
a - a	1047.91	0.00	885.92	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-1077.07	0.00	-478.48	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-673.16	0.00	—	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	2073.99	473.98	539.07	1.45	106.19	10.05	5487.33	473.98	750.94
e - e	953.95	294.90	323.29	1.19	106.19	10.05	4275.79	294.90	650.73
f - f	329.46	156.21	161.52	0.93	106.19	10.05	3117.76	156.21	550.97
g - g	58.74	57.91	53.75	0.66	53.09	10.05	1131.65	57.91	372.57

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	106 di 168

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti sfavorevoli	temporaneo variabili sfavorevoli	tan φ'
SLU	○	caso A1+M1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A2+M1	1.00	1.30	1.00
SLD	⊙	Sismica+M2+R2	1.00	1.00	1.25
def.	○	--	1.10	1.10	1.20

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	29.26	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	=	20.00	(kN/m³)	
Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	14.63	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup. id.</sub>	=	14.63	(°)	
Coef. di Spinta a riposo sulla superficie ideale	ko	=	0.426	(-)	0.426
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.49	(-)	0.494
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.57	(-)	0.574

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

Condizioni Statiche				
Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m²)
Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	l	=	0.00	(kN/m)
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche				
Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m²)
Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### A) FORZE VERTICALI

##### A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 105.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 137.81 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 281.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 524.06 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

##### A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 703.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 110.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 813.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

##### B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 304.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 475.45 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 1054.69 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 1834.64 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

##### B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 4097.89 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 418.95 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 4516.84 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

##### Spinta totale condizione statica

$$\begin{aligned}
 St &= 0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot ko &= & 614.05 \text{ (kN/m)} \\
 Sq &= q \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot ka &= & 102.34 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

##### componente orizzontale condizione statica

$$\begin{aligned}
 Sth &= St \cdot \cos \delta &= & 594.15 \text{ (kN/m)} \\
 Sqh &= Sq \cdot \cos \delta &= & 99.02 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

##### componente verticale condizione statica

$$\begin{aligned}
 Stv &= St \cdot \sin \delta &= & 155.07 \text{ (kN/m)} \\
 Sqv &= Sq \cdot \sin \delta &= & 25.85 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

## 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

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	107 di 168

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

condizione statica

MS1 = $Sth \cdot (H2+H3+H4)/3$	=	2376.58	(kN/m)
MS2 = $Stv \cdot B$	=	1163.05	(kN/m)
MSq1 = $Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2$	=	594.15	(kN/m)
MSq2 = $Sqv \cdot B$	=	193.84	(kN/m)

### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

Mfext1 = m	=	0.00	(kNm/m)
Mfext2 = $f \cdot (H3 + H2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mfext3 = $v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	=	0.00	(kNm/m)

### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Gtv + Sqv = 1518.73 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 693.17 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS2 + MSq2 + Mfext3 = 7708.37 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 2970.73 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4737.64 \text{ (kNm/m)}$$

### CONDIZIONE SISMICA +

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst1 = a_y \cdot g \cdot S \cdot (H2+H3+H4)^2 = 745.11 \text{ (kN/m)}$$

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

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 720.96 \text{ (kN/m)}$$

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

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 188.17 \text{ (kN/m)}$$

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

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

condizione sismica +

$$MSst1 = MS1 + Sst1h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 6702.35 \text{ (kN/m)} \quad \text{- Momento dovuto alla spinta a riposo-Incremento sismico}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 1411.30 \text{ (kN/m)}$$

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 135.59 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 210.53 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptshv = Pt \cdot kv = 105.27 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) = 183.37 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) = 178.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) = 54.57 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 416.22 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5) = 698.46 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3 \cdot 2/3) - (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 175.78 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 874.24 \text{ (kNm/m)}$$

### FORZE ESTERNE

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 108 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>fext</sub>)  
M<sub>fext1</sub> = m<sub>s</sub> = 0.00 (kNm/m)  
M<sub>fext2</sub> = f<sub>s</sub>\*(H<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>) = 0.00 (kNm/m)  
M<sub>fext3</sub> = v<sub>s</sub>\*(B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub> + B<sub>3</sub>/2) = 0.00 (kNm/m)

### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)  
N = P<sub>m</sub> + P<sub>t</sub> + v<sub>s</sub> + S<sub>tv</sub> + S<sub>st1v</sub> + S<sub>sq1v</sub> + P<sub>tsv</sub> = 1786.33 (kN/m)

Risultante forze orizzontali (T)  
T = S<sub>th</sub> + S<sub>st1h</sub> + S<sub>sq1h</sub> + f<sub>s</sub> + P<sub>s</sub> + P<sub>tsh</sub> = 1661.23 (kN/m)

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)  
M<sub>s</sub> = M<sub>m</sub> + M<sub>t</sub> + M<sub>Sst2</sub> + M<sub>Ssq2</sub> + M<sub>fext3</sub> = 7762.78 (kNm/m)

Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)  
M<sub>r</sub> = M<sub>Sst1</sub> + M<sub>Ssq1</sub> + M<sub>fext1</sub> + M<sub>fext2</sub> + M<sub>Ps</sub> + M<sub>pts</sub> = 7992.81 (kNm/m)

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)  
MM = M<sub>s</sub> - M<sub>r</sub> = -230.03 (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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	109 di 168

### CONDIZIONE SISMICA -

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst2 = a_s \cdot g \cdot S \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 = 745.11 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = q_s \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4) \cdot k_{as} = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 \cdot \cos \delta = 720.96 \text{ (kN/m)}$$

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

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 \cdot \sin \delta = 188.17 \text{ (kN/m)}$$

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

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

condizione sismica -

$$MSst1 = MSst1 + Sst2h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 6702.35 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst2v \cdot B = 1411.30 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 135.59 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Ptsh = P_t \cdot kh = 210.53 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptshv = P_t \cdot kv = -105.27 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot P_m \cdot 1 \cdot (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot P_m \cdot 2 \cdot (H2 + H3/2) = 183.37 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot P_m \cdot 3 \cdot (H2+H3/3) = 178.27 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot P_m \cdot 4 \cdot (H2/2) = 54.57 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 416.22 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5 = 1758.67 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot (H2+H3^2/3) + (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5 = 309.13 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 2067.79 \text{ (kNm/m)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + Pt + v_s + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptshv = 1575.79 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + f_s + Ps + Ptsh = 1681.23 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 7762.78 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MPs + MPts = 9186.36 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = -1423.59 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

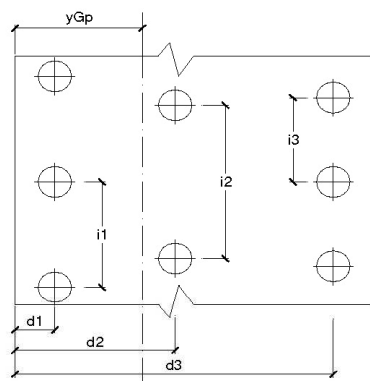
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 110 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1.50	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.50	(m)	interasse pali (i1) =	4.50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		6.00	(m)	interasse pali (i2) =	9.00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		6.00	(m)	interasse pali (i3) =	9.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3.750 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp\*Np - MM

### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
sisma+	1786.33	6928.75	1661.23
sisma-	1575.79	7332.81	1661.23

### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
sisma+	10947.99	-2909.52	-2909.52	3737.76	8537.14
sisma-	10878.34	-3787.27	-3787.27	3737.76	8537.14

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 111 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)  
 $\gamma_c = 2.1$   
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 18.81$  (MPa)

##### Copriferro

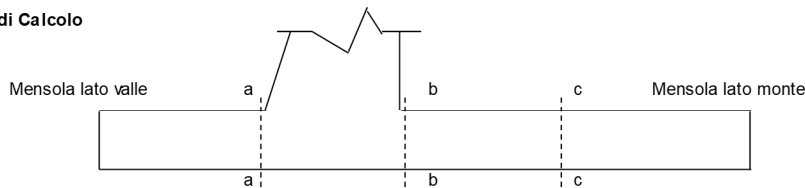
c = 6.70 (cm)

##### 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)  
 $\epsilon_{ys} = 0.19\%$   
 $\epsilon_{uk} = 3.000\%$   
 $\epsilon_{ud} = 2.700\%$

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B_1^2 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

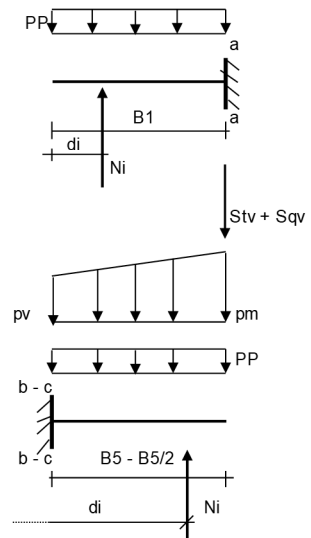
##### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B_5 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	210.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	210.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	210.00	(kN/m <sup>2</sup> )



caso	Ma	Mb	Mc	Ta	Tb
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN]	[kN]
sisma+	2765.09	-3394.95	-763.87	2318.54	-1771.11
sisma-	2781.89	-3396.50	-691.11	2329.26	-1751.66



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

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

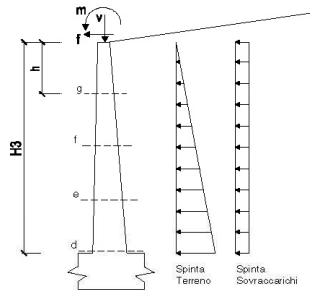
Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	112 di 168

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

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



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.220	(-)	S	=		
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00			(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no				Coefficiente Categoria di Suo	
			$r$	=	1				
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale		kh	=	0.2587	(-)	0.426		
	coefficiente sismico verticale		kv	=	0.1294	(-)			
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete		ka	=	0.426	(-)			
	componente orizzontale		kah	=	0.400	(-)			
	componente verticale		kav	=	0.148	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas-	=	0.543	(-)		0.543	
	componente orizzontale		kash-	=	0.509	(-)			
	componente verticale		kasv-	=	0.189	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas-	=	0.628	(-)	0.628			
componente orizzontale		kash-	=	0.589	(-)				
componente verticale		kasv-	=	0.218	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \gamma h^2 h/3$$

$$o \quad \frac{1}{2} K_o \gamma h^2 h/3 + a_y/g \cdot S \gamma h^2 h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o q h^2$$

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

condizione sismica +

sezione	h	Tt	Tq	T <sub>ext</sub>	T <sub>inerzia</sub>	T <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	1040.61	0.00	0.00	62.82	1103.43
e-e	7.88	585.34	0.00	0.00	40.43	625.77
f-f	5.25	260.15	0.00	0.00	22.50	282.65
g-g	2.63	172.00	0.00	0.00	9.02	181.02

condizione sismica +

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	4640.47	0.00	0.00	267.41	4907.88	235.06	0.00	0.00	274.22	509.28
e-e	7.88	1957.70	0.00	0.00	132.87	2090.57	132.22	0.00	0.00	176.48	308.71
f-f	5.25	580.06	0.00	0.00	51.25	631.31	58.77	0.00	0.00	98.20	156.97
g-g	2.63	72.51	0.00	0.00	10.86	83.37	14.69	0.00	0.00	39.37	54.06

condizione sismica -

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	4640.47	0.00	0.00	267.41	4907.88	209.48	0.00	0.00	211.40	420.88
e-e	7.88	1957.70	0.00	0.00	132.87	2090.57	117.83	0.00	0.00	136.05	253.89
f-f	5.25	580.06	0.00	0.00	51.25	631.31	52.37	0.00	0.00	75.70	128.07
g-g	2.63	72.51	0.00	0.00	10.86	83.37	13.09	0.00	0.00	30.35	43.45

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

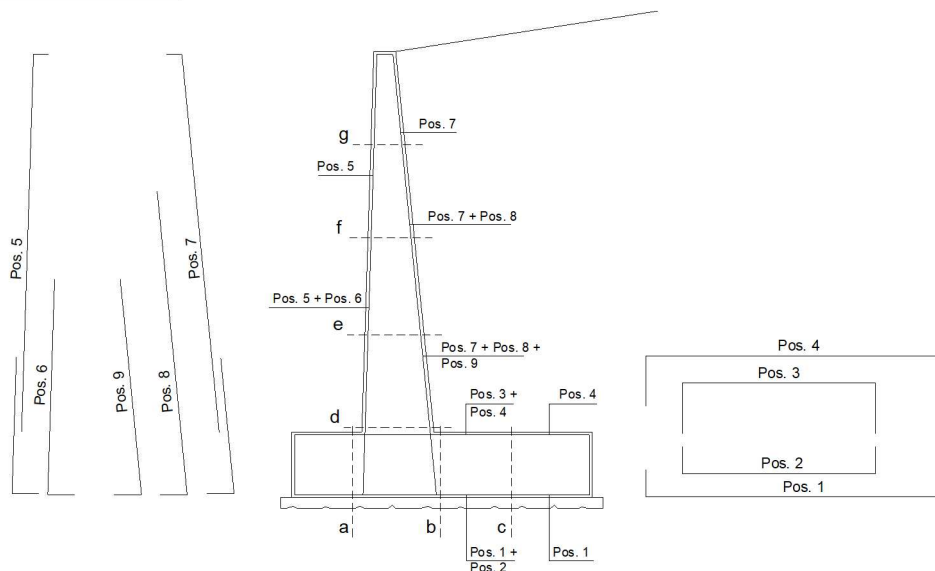
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	113 di 168

### SCHEMA DELLE ARMATURE

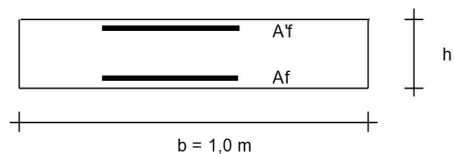


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	2781.89	0.00	2329.26	1.50	53.09	68.80	2869.49	0.00	545.25
b - b	-3396.50	0.00	1771.11	1.50	68.80	53.09	3705.20	0.00	594.45
c - c	-763.87	0.00	-	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	594.45
d - d	4907.88	509.28	1103.43	1.45	106.19	10.05	5503.27	509.28	750.94
e - e	2090.57	308.71	625.77	1.19	106.19	10.05	4280.38	308.71	650.73
f - f	631.31	156.97	282.65	0.93	106.19	10.05	3117.92	156.97	550.97
g - g	83.37	54.06	181.02	0.66	53.09	10.05	1130.78	54.06	372.57

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	114 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanent stavocevoli	temporanea variabili stavocevoli	tan $\phi'$
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	⊗	SLE	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	$e$	=	0.00	(°)		
Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{\text{muro}}$	=	17.50	(°)		
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{\text{superf}}$	=	17.50	(°)		
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_a$	=	0.426	(-)	0.426	Val Norm.
Coeff. Di Spinta Attiva sismica sulla superficie ideale	$k_{a+}$	=	0.40	(-)	0.40	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	$k_{a-}$	=	0.47	(-)	0.471	

**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)
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	$q_s$	=	0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	$f_s$	=	0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	$v_s$	=	0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	$m_s$	=	0.00 (kNm/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 105.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 137.81 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 281.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 &= & 524.06 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 703.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2 &= & 110.25 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 813.75 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

B1) Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 304.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 475.45 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 1054.69 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 &= & 1834.64 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

B2) Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 M1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 4097.89 \text{ (kNm/m)} \\
 M2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 418.95 \text{ (kNm/m)} \\
 M1 &= M1 + M2 + M3 &= & 4516.84 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 115 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ko = 614,05 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ko = 102,34 \text{ (kN/m)}$$

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

condizione statica

$$MS11 = St \cdot h \cdot (H2+H3+H4)/3 = 2342,52 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq \cdot h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 585,63 \text{ (kNm)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1553,24 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St + Sq + l = 683,23 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS12 + MSq2 + Mfext3 = 7967,15 \text{ (kNm/m)}$$

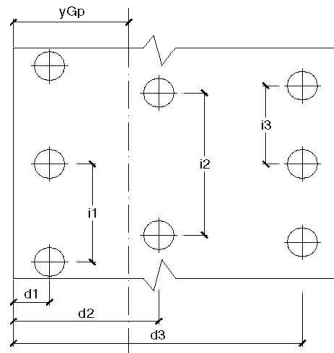
Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS11 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 2928,15 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 5039,00 \text{ (kNm/m)}$$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1,50	(m)	
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) -		1,50	(m)	interasse pali (i1) = 4,50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) -		6,00	(m)	interasse pali (i2) = 9,00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) -		6,00	(m)	interasse pali (i3) = 9,00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3,750 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$$Mp = yGp \cdot Np - MM$$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	Tp [kN/m]
statico	1553,24	785,63	683,23

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali



**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 116 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

statico	[kN] 4280.41	[kN] 2709.15	[kN] 2709.15	[kN] 1537.28	[kNm] 3511.19
---------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 117 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)

$\gamma_c$  = 2.1

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 18.81 (MPa)

##### Copriferro

c = 6.70 (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)

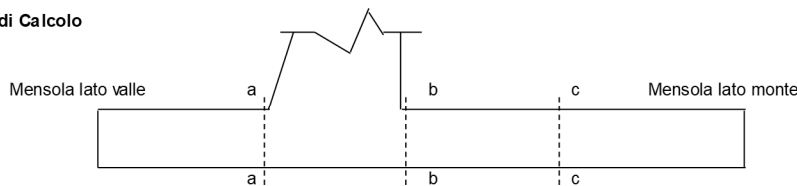
$\epsilon_{ys}$  = 0.19%

$\epsilon_{uk}$  = 3.000%

$\epsilon_{ud}$  = 2.700%

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

##### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

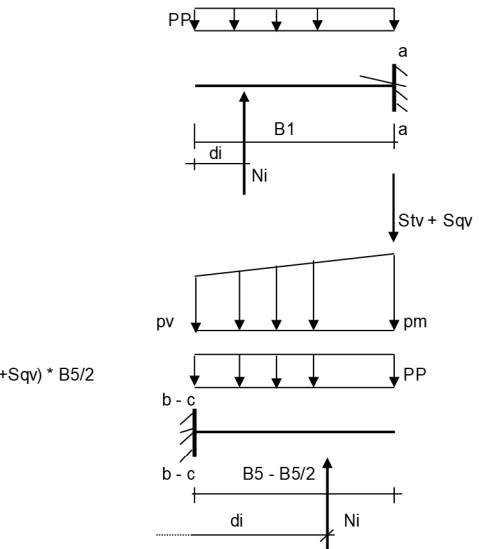
Peso Proprio PP = 37.50 (kN/m)

$p_m$  = 210.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$p_{vb}$  = 210.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$p_{vc}$  = 210.00 (kN/m<sup>2</sup>)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	1004.76	-996.69	-655.35



Ta	Tb
[kN]	[kN]
849.95	-442.52

### 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

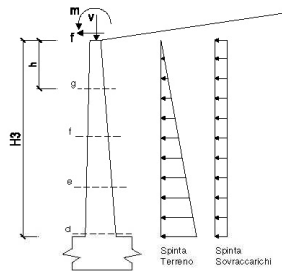
- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	118 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	-	0.22	(-)	S	-	1.18
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m =$		1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no			$r = 1$	
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	-	0.2587	(-)			
coefficiente sismico verticale	$k_v$	-	0.1294	(-)				
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	-	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	$k_{ah}$	-	0.392	(-)			
	componente verticale	$k_{av}$	-	0.168	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	-	0.456	(-)	0.456		
	componente orizzontale	$k_{ash+}$	-	0.419	(-)			
	componente verticale	$k_{asv+}$	-	0.180	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	-	0.527	(-)	0.527			
componente orizzontale	$k_{ash-}$	-	0.484	(-)				
componente verticale	$k_{asv-}$	-	0.208	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

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

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m \cdot h^3$$

$$M_{\text{interz}} = \sum P m_i b_i k h$$

(solo con sisma)

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

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

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+HRZ}} = 2 P m_i (1 \pm k_v)$$

#### condizione statica

sezione	h [m]	T <sub>t</sub>	T <sub>q</sub>	T <sub>ext</sub>	T <sub>tot</sub>
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	432.08	82.30	0.00	514.38
e-e	7.88	243.05	61.73	0.00	304.77
f-f	5.25	108.02	41.15	0.00	149.17
g-g	2.63	27.01	20.58	0.00	47.58

#### condizione statica

sezione	h [m]	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>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	10.50	1512.28	432.08	0.00	1944.36	185.28	35.29	0.00	242.81	463.39
e-e	7.88	637.99	243.05	0.00	881.04	104.22	26.47	0.00	156.27	286.96
f-f	5.25	189.04	108.02	0.00	297.06	46.32	17.65	0.00	86.95	150.92
g-g	2.63	23.63	27.01	0.00	50.63	11.58	8.82	0.00	34.86	55.27

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	119 di 168

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \rho_{cs})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \rho_{cs})$	=	105.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \rho_{cs})/2$	=	137.81	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \rho_{cs})$	=	281.25	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4$	=	524.06	(kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	703.50	(kN/m)
Pt2 =	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	110.25	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	813.75	(kN/m)

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

B1) Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	304.50	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	475.45	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	1054.69	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	=	1834.64	(kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	4097.89	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	418.95	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	4516.84	(kNm/m)

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

St =	$0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_0$	=	614.05	(kN/m)
Sq =	$q \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_a$	=	102.34	(kN/m)

componente orizzontale condizione statica

StH =	$St \cdot \cos \delta$	=	585.63	(kN/m)
SqH =	$Sq \cdot \cos \delta$	=	97.60	(kN/m)

componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	=	184.65	(kN/m)
Sqv =	$Sq \cdot \sin \delta$	=	30.77	(kN/m)

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

condizione statica

MS1 =	$StH \cdot (H2 + H3 + H4)/3$	=	2342.52	(kNm)
MS2 =	$Stv \cdot B$	=	1384.86	(kNm)
MSq1 =	$SqH \cdot (H2 + H3 + H4)/2$	=	585.63	(kNm)
MSq2 =	$Sqv \cdot B$	=	290.81	(kNm)

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

Mfext1 =	$m$	=	0.00	(kNm/m)
Mfext2 =	$v \cdot (H3 + H2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mfext3 =	$v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	=	0.00	(kNm/m)

### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv$	=	1553.24	(kN/m)
-----	---------------------------	---	---------	--------

Momento stabilizzante (Ms)

Ms =	$Mm + Mt + MS1 + MSq2 + Mfext3$	=	7967.15	(kNm/m)
------	---------------------------------	---	---------	---------

Momento ribaltante (Mr)

Mr =	$MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2$	=	2928.15	(kNm/m)
------	--------------------------------	---	---------	---------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM =	$Ms - Mr$	=	5039.00	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 120 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3
	[kN]	[kN]	[kN]
statico	4280.41	2709.15	2709.15

### CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck =  (Mpa)

fctm =  $0.3 \cdot (0.83 \cdot Rck)^{2/3} =$   (Mpa)

##### Acciaio

tipo di acciaio

f<sub>yk</sub> =  (Mpa)

E<sub>s</sub> =  (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n =

##### Copriferro

c =  (cm) (distanza asse armatura-bordo)

##### Copriferro minimo di normativa

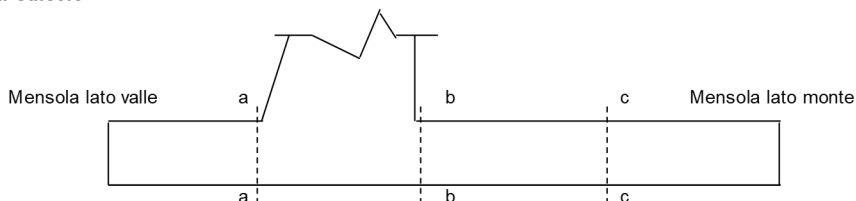
c<sub>min</sub> =  (cm) (ricoprimento armatura)

##### Valore limite di apertura delle fessure

w<sub>1</sub> =  mm

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

#### Sezioni di Calcolo



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	121 di 168

#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B1 - d_i) / i_i - PP (1 \pm kv) B1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

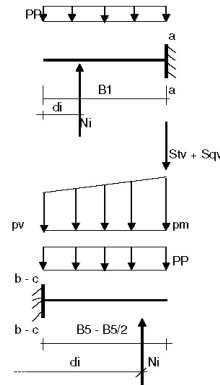
$$M_b = \sum N_i (B5 - (B-d)) i_i - [PP^2 B5^2 / 2 + pvb^2 B5^2 / 2 + (pm - pvb) B5^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i (B5/2 - (B-d)) i_i - [PP^2 (B5/2)^2 / 2 + pvc^2 (B5/2)^2 / 2 + (pm - pvc) (B5/2)^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5/2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

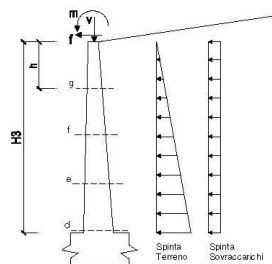
Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	1004.76	-1350.20	-691.05



#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

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



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.220	(-)	S		
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)</b>		$\beta_m$	=	1.00		(-)	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no	$r$		=	1
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587	(-)		Coefficiente Categoria di	
coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294	(-)				
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.168	(-)			
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.456	(-)	0.456		
	componente orizzontale	kash+	=	0.419	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.180	(-)			
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.527	(-)	0.527			
componente orizzontale	kash-	=	0.484	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.208	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma^2 h^3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma^2 h^3 + a_g \cdot g \cdot S \cdot \gamma^2 h^3 h^2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_a \cdot q \cdot h^2$$

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

$$M_{res2k} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

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

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

$$N_{est} = v$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

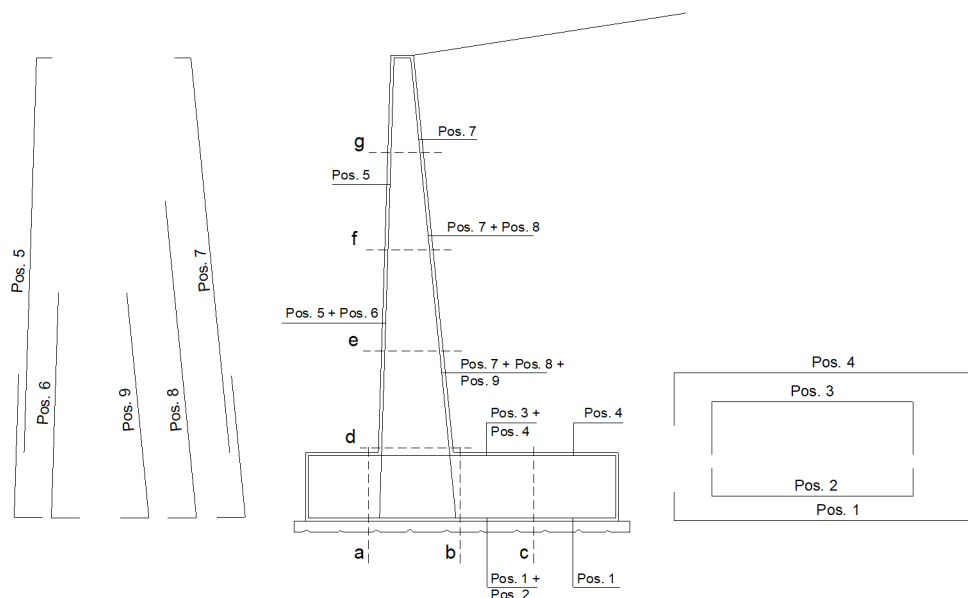
- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 122 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### condizione statica

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	10.50	1512.28	432.08	0.00	1944.36	185.28	35.29	0.00	242.81	463.39
e-e	7.88	637.99	243.05	0.00	881.04	104.22	26.47	0.00	156.27	286.96
f-f	5.25	189.04	108.02	0.00	297.06	46.32	17.65	0.00	86.95	150.92
g-g	2.63	23.63	27.01	0.00	50.63	11.58	8.82	0.00	34.86	55.27

### SCHEMA DELLE ARMATURE

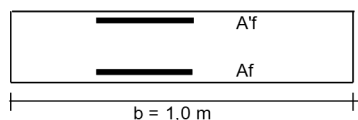


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4	d-d	pos 5-7-11-10-8
b-b	pos 1-2-3-4	e-e	pos 5-7-11-10-8
c-c	pos 1-4	f-f	pos 5-10-8
		g-g	pos 5-8

### Condizione Statica

Sez.	M (kNm)	N (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	A'f (cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>f</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
(-)							
a - a	1004.76	0.00	1.50	53.09	68.80	2.96	141.83
b - b	-1350.20	0.00	1.50	68.80	53.09	3.85	149.11
c - c	-691.05	0.00	1.50	53.09	53.09	0.49	97.35
d - d	1944.36	463.39	1.45	106.19	10.05	6.27	133.22
e - e	881.04	286.96	1.19	106.19	10.05	4.07	74.51
f - f	297.06	150.92	0.93	106.19	10.05	2.18	32.52
g - g	50.63	55.27	0.66	53.09	10.05	0.85	14.01

## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	123 di 168

### Carichi Agenti (usati per verifiche a fessurazione)

Condizione Statica	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	$q_{acc} = 0.75 \cdot q$	=	15.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	$i$	=	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)
Peso Unità di Volume del Calcestruzzo		$\gamma_{cs}$	=	25.00 (kN/m <sup>3</sup> )

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cs}) / 2$	=	0.00 (kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cs})$	=	105.00 (kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cs}) / 2$	=	137.81 (kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cs})$	=	281.25 (kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4$	=	524.06 (kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	703.50 (kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00 (kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	110.25 (kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	813.75 (kN/m)

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

B1) Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 \cdot 0.5 \cdot B3)$	=	304.50 (kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 \cdot B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	475.45 (kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	1054.69 (kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	=	1834.64 (kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	4097.89 (kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00 (kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	418.95 (kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	4516.84 (kNm/m)

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$St = 0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_0$	=	614.05 (kN/m)
$Sq = \gamma \cdot (I2 + I3 + I4) \cdot k_a$	=	76.76 (kN/m)

componente orizzontale condizione statica

$St_h = St \cdot \cos \delta$	=	585.63 (kN/m)
$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta$	=	73.20 (kN/m)

componente verticale condizione statica

$St_v = St \cdot \sin \delta$	=	184.65 (kN/m)
$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta$	=	23.08 (kN/m)

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

condizione statica

$MS1 = St_h \cdot (H2 + H3 + H4) / 3$	=	2342.52 (kNm)
$MS2 = St_v \cdot B$	=	1384.86 (kNm)
$MSq1 = Sq_h \cdot (H2 + H3 + H4) / 2$	=	499.22 (kNm)
$MSq2 = Sq_v \cdot B$	=	173.11 (kNm)

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mtext)

$Mfext1 = m$	=	0.00 (kNm/m)
$Mfext2 = l \cdot (H3 + H2)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3) / 2$	=	0.00 (kNm/m)

### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$N = Pm + Pt + v + St_v + Sq_v$	=	1545.54 (kN/m)
---------------------------------	---	----------------

Momento stabilizzante (Ms)

$Ms = Mm + Mt + MS1 + MSq2 + Mfext3$	=	7909.45 (kNm/m)
--------------------------------------	---	-----------------

Momento ribaltante (Mr)

$Mr = MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2$	=	2781.74 (kNm/m)
-------------------------------------	---	-----------------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$MM = Ms - Mr$	=	5127.71 (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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 124 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

*Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata*

caso	Np	Mp	Tp
	[kN]	[kNm]	[kN/m]
statico	1545.54	668.08	866.56

*Sollecitazioni sui pali*

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	4145.54	2809.39	2809.39	1949.77	4453.32

### CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

**DATI DI PROGETTO:**

#### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (Mpa)

fctm =  $0.3 \cdot (0.83 \cdot Rck)^{2/3}$  = 3.10 (Mpa)

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

##### Copriferro

c = 6.70 (cm) (distanza asse armatura-bordo)

##### Copriferro minimo di normativa

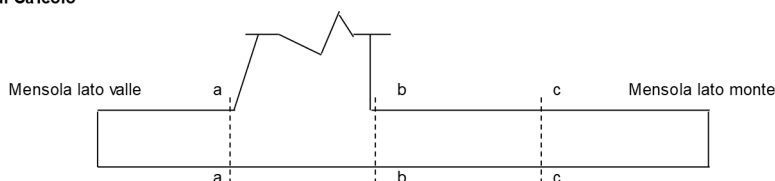
c<sub>min</sub> = 2.00 (cm) (ricoprimento armatura)

##### Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2 mm

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 125 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

#### Mensola Lato Valle

$$Ma = \sum N_i (B1 - d) / i_i - PP (1 \pm kv) B1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

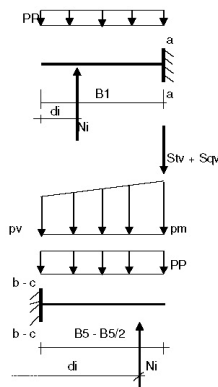
$$Mb = \sum N_i (B5 - (B-d)) i_i - [PP B5^2 / 2 + pvb B5^2 / 2 + (pm - pvb) B5^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) * B5$$

$$Mc = \sum N_i (B5/2 - (B-d)) i_i - [PP (B5/2)^2 / 2 + pvc (B5/2)^2 / 2 + (pm - pvc) (B5/2)^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) * B5/2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

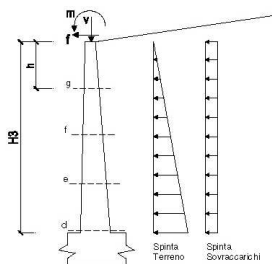
Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	273.00	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	968.79	-1283.21	-674.27



#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

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



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.220	(-)	S = 1.176	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00		(-)
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$		
	Coefficiente Categoria di Suolo						
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale		kh	=	0.2587	(-)	
	coefficiente sismico verticale		kv	=	0.1294	(-)	
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete		ko	=	0.426	(-)	
	componente orizzontale		kah	=	0.392	(-)	
	componente verticale		kav	=	0.188	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas+	=	0.456	(-)	
	componente orizzontale		kash+	=	0.419	(-)	
	componente verticale		kasv+	=	0.180	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas-	=	0.527	(-)	
	componente orizzontale		kash-	=	0.484	(-)	
componente verticale		kasv-	=	0.208	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_y \cdot g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$$

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

$$M_{resca} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

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

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

$$N_{est} = v$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

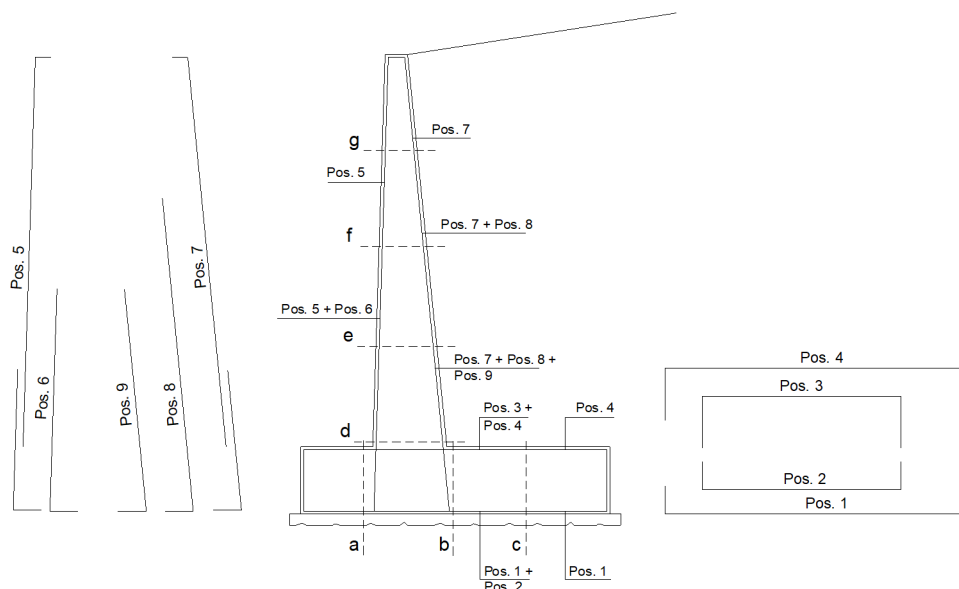
Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 126 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

sezione	condizione statica									
	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>rot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>rot</sub> [kN/m]
d-d	10.50	1512.28	324.06	0.00	1836.34	185.28	26.47	0.00	242.81	454.57
e-e	7.88	637.99	182.28	0.00	820.28	104.22	19.85	0.00	156.27	280.34
f-f	5.25	189.04	81.02	0.00	270.05	46.32	13.23	0.00	86.95	146.51
g-g	2.63	23.63	20.25	0.00	43.88	11.58	6.62	0.00	34.86	53.06

### SCHEMA DELLE ARMATURE

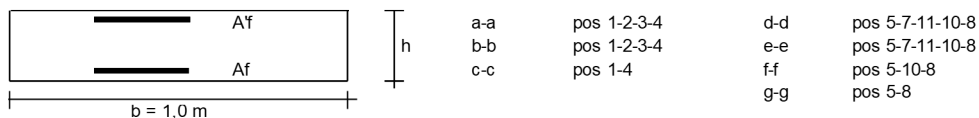


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	10.0	26
4	10.0	26	8	10.0	26
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	968.79	0.00	1.50	53.09	68.80	2.86	136.75	0.126	0.200
b - b	-1283.21	0.00	1.50	68.80	53.09	3.66	141.71	0.116	0.200
c - c	-674.27	0.00	1.50	53.09	53.09	0.48	94.99	0.087	0.200
d - d	1836.34	454.57	1.45	106.19	10.05	5.93	125.20	0.099	0.200
e - e	820.28	280.34	1.19	106.19	10.05	3.80	68.90	0.050	0.200
f - f	270.05	146.51	0.93	106.19	10.05	1.99	29.24	0.020	0.200
g - g	43.88	53.06	0.66	53.09	10.05	0.74	11.76	0.009	0.200



**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

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

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 127 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

## **ALLEGATO 2**

**TABULATI DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO: H = 9.60 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

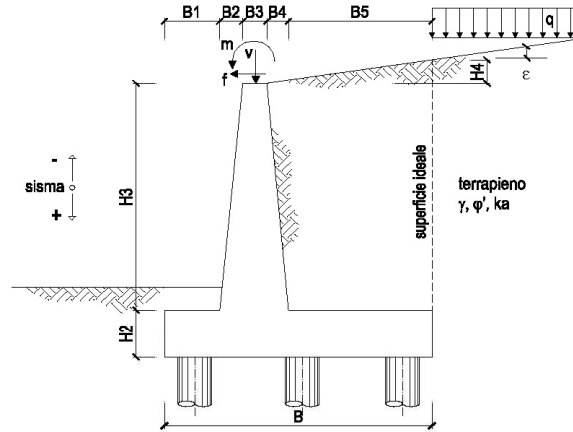
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 129 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO



OPERA con Hmuro = 9.60 m

DATI DI PROGETTO:

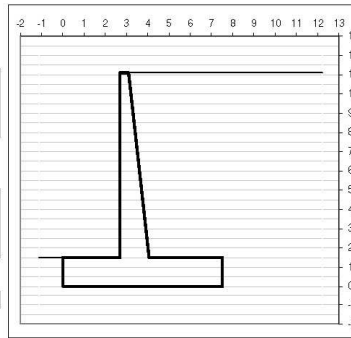
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	9.60 (m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00 (m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40 (m)
Aggetto monte	B4 =	0.96 (m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	7.50 (m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.50 (m)
Suola Lato Valle	B1 =	2.70 (m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.44 (m)

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



**Dati Geotecnici**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi'$ =	35.00 (°)	S =	1.176 (-)
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma$ =	20.00 (kN/m <sup>3</sup> )		
Dati Sismici	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$ =	0.00 (°)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	Angolo di attrito terreno-paramento va posto pari a zero	$\delta_{muro}$ =	17.50 (°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{superf}$ =	17.50 (°)		
	Accelerazione sismica	$\alpha_g$	0.220 (-)		
Coeff. Spinta	Coeff. di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)	$\beta_m$ =	1.00 (-)	Val. Norm.	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	$kas+$ =	0.40 (-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	$kas-$ =	0.47 (-)		

**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 (kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00 (kNm)
	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 (kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00 (kNm)
	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  
 Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548  
 - Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	130 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

	caso	coefficienti parziali		
		azioni		proprietà del terreno
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'
		sfavorevoli	sfavorevoli	
SLU	● caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○ caso A2+M1+R2	1.00	1.30	1.25
SLD	○ sistematica	1.00	1.00	1.25
def.	○ --	1.10	1.10	1.20

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>medio</sub>	=	17.50	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>superf</sub>	=	17.50	(°)	
Coeff. Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.428	(-)	0.426
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.405
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471
						Val Norm.

**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

#### A) FORZE VERTICALI

**A1) Peso del Muro (Pm)**

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	96.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	115.20	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	492.45	(kN/m)

**A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)**

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	680.48	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4-B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	119.81	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	780.29	(kN/m)

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

**B1) Muro (Mm)**

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1-B2+0.5*B3)	=	278.40	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1-B2+B3+1/3 B4)	=	393.98	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1727.07	(kNm/m)

**B2) Terrapieno a tergo del muro**

Mt1 = Pt1*(B1-B2-B3+B4+0.5*B5)	=	3817.57	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1-B2-B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1-B2-B3+2/3*B4)	=	448.08	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4265.66	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	131 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$S_t = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 883,02 \text{ (kN/m)}$$

$$S_q = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 142,00 \text{ (kN/m)}$$

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

condizione statica

$$MS_{t1} = S_t \cdot H_2 / 3 = 2410,19 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q1} = S_q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) / 2 = 751,62 \text{ (kNm)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>ext</sub>)

$$M_{ext1} = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext2} = l^2 \cdot (H_3 + H_2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext3} = v^2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_l + v + S_t + S_q = 1520,82 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_t + S_q + l = 786,83 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)

$$M_s = M_m + M_t + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{ext3} = 7853,38 \text{ (kNm/m)}$$

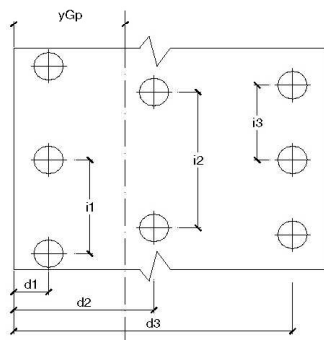
Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)

$$M_r = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{ext1} + M_{ext2} = 3161,81 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 4691,57 \text{ (kNm/m)}$$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1,50	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1)	=	1,50	(m)	interasse pali (i1)	= 4,50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2)	=	6,00	(m)	interasse pali (i2)	= 9,00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3)	=	6,00	(m)	interasse pali (i3)	= 9,00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y<sub>Gp</sub>) = 3,750 (m)

Risultante forze verticali (N<sub>p</sub> = N)

Risultante forze orizzontali (T<sub>p</sub> = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M<sub>p</sub>)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N <sub>p</sub> [kN/m]	M <sub>p</sub> [kNm/m]	T <sub>p</sub> [kN/m]
statico	1520,82	1011,53	786,83

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 132 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

statico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
	4433.38	2410.33	2410.33	1770.37	4043.57

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 133 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)

$\gamma_{m,c}$  = 2.1

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 18.81 (MPa)

##### Coprifero

c = 6.70 (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)

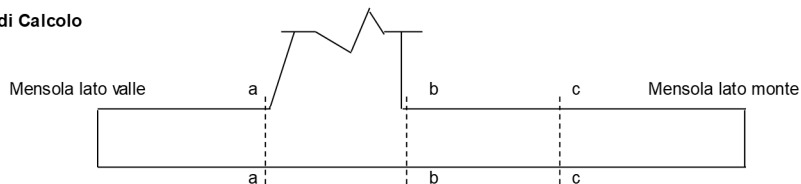
$\epsilon_{ys}$  = 0.19%

$\epsilon_{uk}$  = 3.000%

$\epsilon_{ud}$  = 2.700%

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B1 - d_i) / i_i - PP * (1 \pm kv) * B1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

##### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i (B5 - (B - d_i)) / i_i - [PP * B5^2 / 2 + p_{vb} * B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) * B5^2 / 3] * (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) * B5$$

$$M_c = \sum N_i (B5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP * (B5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} * (B5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) * (B5 / 2)^2 / 3] * (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) * B5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

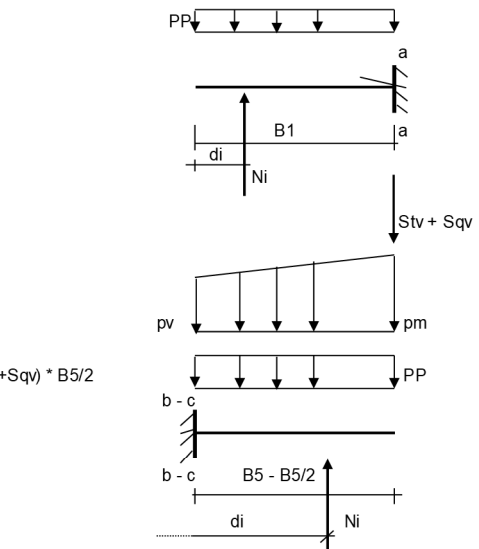
Peso Proprio PP = 37.50 (kN/m)

p<sub>m</sub> = 249.60 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vb</sub> = 249.60 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vc</sub> = 249.60 (kN/m<sup>2</sup>)

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	1045.55	-1513.01	-792.47



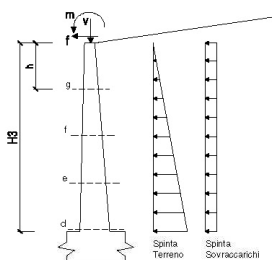
Ta	Tb
[kN]	[kN]
883.95	-700.08

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 134 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00		(-)
il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si	<input checked="" type="radio"/> no			$r = 1$	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587	(-)		
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294	(-)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426	
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)		
	componente verticale	kav	=	0.168	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.456	(-)	0.456	
	componente orizzontale	kas1+	=	0.419	(-)		
	componente verticale	kasv+	=	0.189	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.527	(-)	0.527	
	componente orizzontale	kas1-	=	0.494	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.209	(-)			

$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$

o  $\frac{1}{2} K_{a,eff} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2$  (con sisma)

$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$

$M_{act} = m \cdot P \cdot h$

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

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

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

$N_{act} = v$

$N_{pp-hv20} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$

**condizione statica**

sezione	h [m]	Tt	Tq	T <sub>act</sub>	T <sub>tot</sub>
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.60	469.54	112.67	0.00	582.41
e-e	7.20	264.12	84.65	0.00	348.77
f-f	4.80	117.35	56.44	0.00	173.82
g-g	2.40	29.35	28.22	0.00	57.56

**condizione statica**

sezione	h [m]	Mt	Mq	M <sub>act</sub>	M <sub>soct</sub>	Nt	Nq	N <sub>act</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.60	1502.53	541.78	0.00	2044.30	201.35	48.40	0.00	211.20	460.95
e-e	7.20	633.88	304.75	0.00	938.63	113.26	36.30	0.00	136.80	286.36
f-f	4.80	187.82	136.44	0.00	323.26	50.34	24.20	0.00	76.80	151.34
g-g	2.40	23.48	33.86	0.00	57.34	12.58	12.10	0.00	31.20	55.88

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

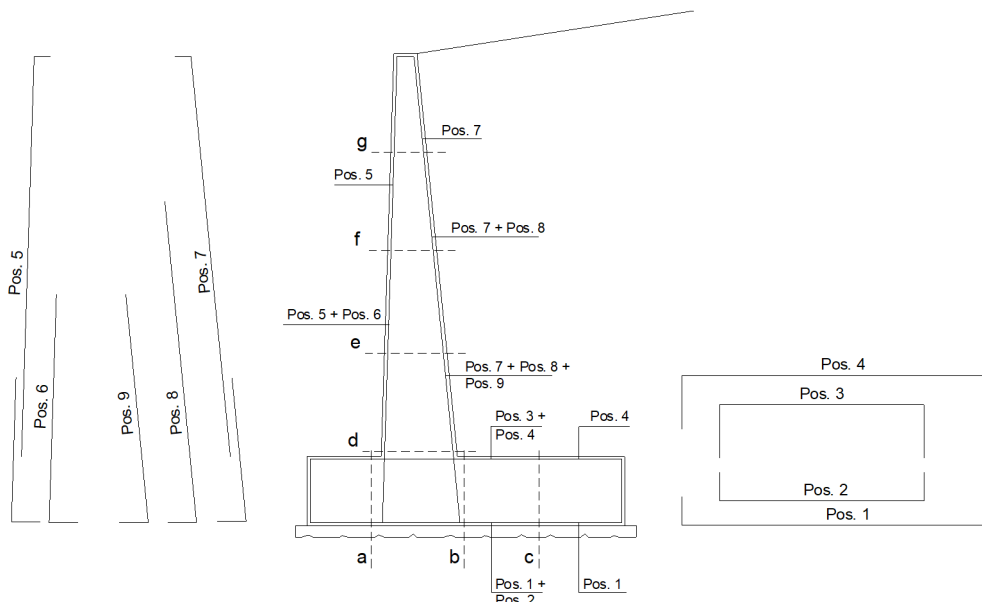
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 135 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

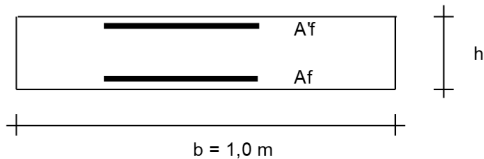


#### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

Calcola

#### VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4  
b-b pos 1-2-3-4  
c-c pos 1-4  
d-d pos 5-7-11-10-8  
e-e pos 5-7-11-10-8  
f-f pos 5-10-8  
g-g pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	1045.55	0.00	883.95	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-1513.01	0.00	-700.08	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-792.47	0.00	-	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	2044.30	460.95	582.41	1.36	79.64	10.05	3990.79	460.95	656.90
e - e	938.63	286.36	348.77	1.12	79.64	10.05	3124.53	286.36	571.66
f - f	323.26	151.34	173.82	0.88	53.09	10.05	1620.87	151.34	427.94
g - g	57.34	55.88	57.56	0.64	26.55	10.05	574.62	55.88	292.35



## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU00B1	REL	01	D	136 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanentemente sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan φ'
SLU	<input type="radio"/> caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	
	<input checked="" type="radio"/> caso A1+M1+R3	<b>1.30</b>	<b>1.50</b>	<b>1.00</b>	
SLD	<input type="radio"/> sismica	1.00	1.00	1.25	
def.	<input type="radio"/> --	1.10	1.10	1.20	

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>limb</sub>	=	17.50	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	17.50	(°)	
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.405
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471

**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	(kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kNm)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kNm)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### A) FORZE VERTICALI

**A1) Peso del Muro (Pm)**

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	96.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	115.20	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	492.45	(kN/m)

**A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)**

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	660.48	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4-B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	119.81	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	780.29	(kN/m)

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

**B1) Muro (Mm)**

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1-B2+0.5*B3)	=	278.40	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1-B2+B3+1/3 B4)	=	393.98	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1727.07	(kNm/m)

**B2) Terrapieno a tergo del muro**

Mt1 = Pt1*(B1-B2-B3+B4+0.5*B5)	=	3817.57	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1-B2-B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1-B2-B3+2/3*B4)	=	448.08	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4265.66	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	137 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$S_t = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4)^2 \cdot k_0 = 683,02 \text{ (kN/m)}$$

$$S_q = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 142,00 \text{ (kN/m)}$$

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

condizione statica

$$MS_{t1} = S_t \cdot H / 3 = 2410,19 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q1} = S_q \cdot H / 2 = 751,62 \text{ (kNm)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>ext</sub>)

$$M_{ext1} = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext2} = l^2 \cdot (H_3 + H_2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext3} = v^2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_t + S_q = 1520,82 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_t + S_q + l = 786,83 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)

$$M_s = M_m + M_t + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{ext3} = 7853,38 \text{ (kNm/m)}$$

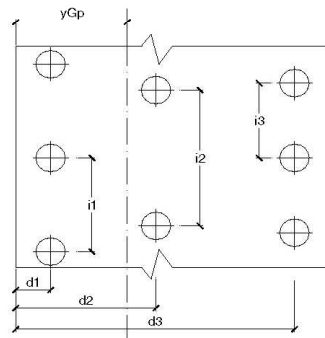
Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)

$$M_r = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{ext1} + M_{ext2} = 3161,81 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 4691,57 \text{ (kNm/m)}$$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1,50	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1)	=	1,50	(m)	interasse pali (i1)	4,50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2)	=	6,00	(m)	interasse pali (i2)	9,00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3)	=	6,00	(m)	interasse pali (i3)	9,00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (y<sub>Gp</sub>) = 3,750 (m)

Risultante forze verticali (N<sub>p</sub> = N)

Risultante forze orizzontali (T<sub>p</sub> = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M<sub>p</sub>)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N <sub>p</sub> [kN/m]	M <sub>p</sub> [kNm/m]	T <sub>p</sub> [kN/m]
statico	1520,82	1011,53	786,83

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 138 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

-----	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
statico	4433.38	2410.33	2410.33	1770.37	4043.57

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 139 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)

$\gamma_c$  = 2.1

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 18.81 (MPa)

##### Copri ferro

c = 6.70 (cm)

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

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

$\gamma_E$  = 1.00

$\gamma_S$  = 1.15

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

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

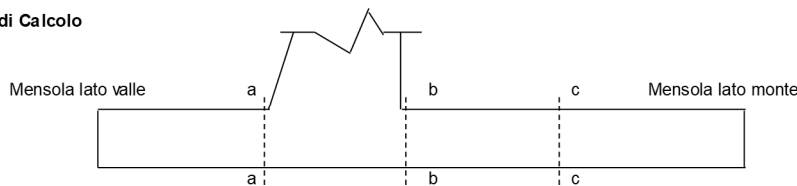
$\epsilon_{ys}$  = 0.19%

$\epsilon_{uk}$  = 3.000%

$\epsilon_{ud}$  = 2.700%

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

##### Mensola Lato Monte

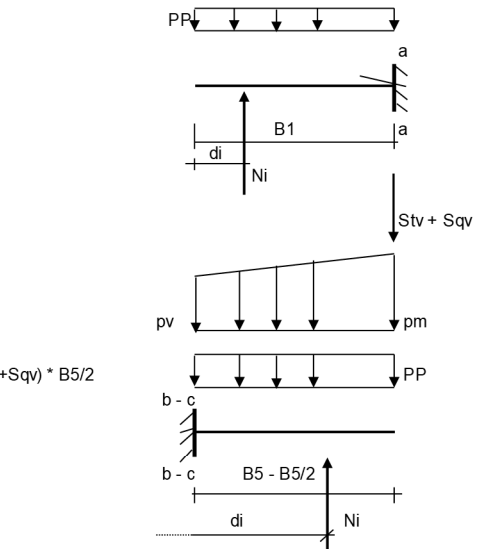
$$M_b = \sum N_i \cdot (B5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	p <sub>m</sub>	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	1045.55	-1513.01	-792.47



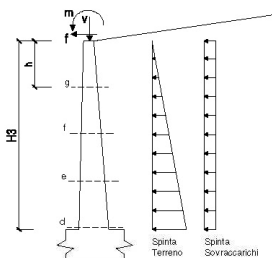
Ta	Tb
[kN]	[kN]
883.95	-700.08

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 140 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta$	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		$r$	=	1		
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.2587	(-)		
coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.1294	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.426	(-)	0.426	
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.392	(-)		
	componente verticale	$k_{av}$	=	0.168	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	=	0.456	(-)	0.456	
	componente orizzontale	$k_{as+h}$	=	0.419	(-)		
	componente verticale	$k_{as+v}$	=	0.189	(-)		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	=	0.527	(-)	0.527	
	componente orizzontale	$k_{as-h}$	=	0.464	(-)		
componente verticale	$k_{as-v}$	=	0.208	(-)			

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

$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$

$M_{act} = m \cdot P \cdot h$

$M_{soct} = \sum P_m \cdot b_i \cdot k_h$  (solo con sisma)

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

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

$N_{act} = v$

$N_{pp-h/2} = \sum P_m \cdot (1 \pm k_v)$

**condizione statica**

sezione	h [m]	Tt	Tq	Tact	Tst
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.60	489.54	112.87	0.00	582.41
e-e	7.20	264.12	84.65	0.00	348.77
f-f	4.80	117.38	56.44	0.00	173.82
g-g	2.40	29.35	28.22	0.00	57.56

**condizione statica**

sezione	h [m]	Mt	Mq	Mact	Msoct	Nt	Nq	Nact	Npp	Nst
		[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.60	1502.53	541.78	0.00	2044.30	201.35	48.40	0.00	211.20	460.95
e-e	7.20	633.88	304.75	0.00	938.63	113.26	36.30	0.00	136.80	286.36
f-f	4.80	187.82	135.44	0.00	323.26	50.34	24.20	0.00	76.80	151.34
g-g	2.40	23.48	33.86	0.00	57.34	12.58	12.10	0.00	31.20	55.88

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

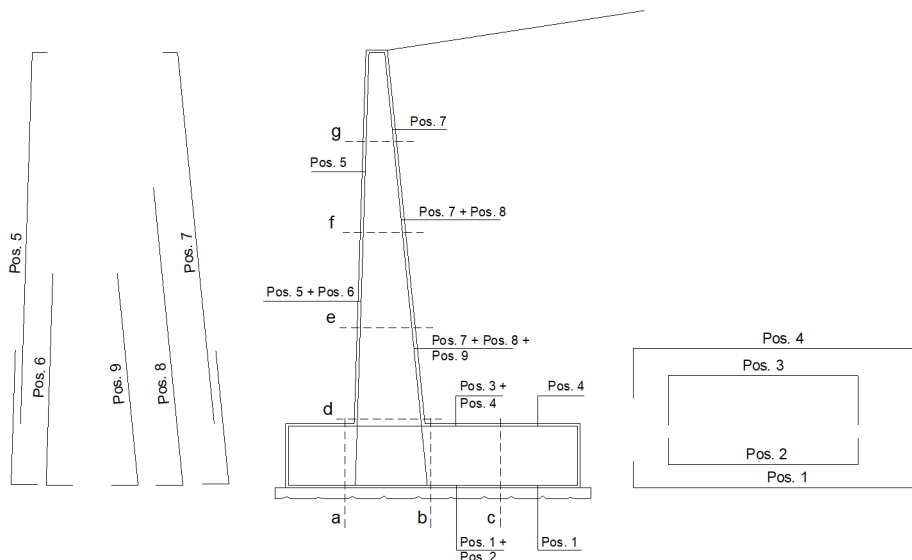
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	141 di 168

### SCHEMA DELLE ARMATURE

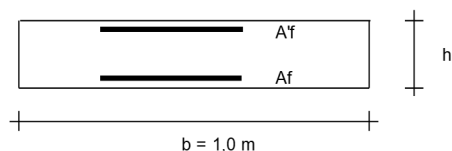


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	1045.55	0.00	883.95	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-1513.01	0.00	-700.08	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-792.47	0.00	-	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	2044.30	460.95	582.41	1.36	79.64	10.05	3990.79	460.95	656.90
e - e	938.63	286.36	348.77	1.12	79.64	10.05	3124.53	286.36	571.66
f - f	323.26	151.34	173.82	0.88	53.09	10.05	1620.87	151.34	427.94
g - g	57.34	55.88	57.56	0.64	26.55	10.05	574.62	55.88	292.35

## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU00B1	REL	01	D	142 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

	caso	coefficienti parziali		
		azioni		proprietà del terreno
		permanentemente sfavorevoli	temporaneamente sfavorevoli	tan φ'
SLU	○ caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	● caso A2+M1+R2	1.00	1.30	1.00
SLD	○ sismica	1.00	1.00	1.25
def.	○ --	1.10	1.10	1.20

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>limb</sub>	=	17.50	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	17.50	(°)	
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.405
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471

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

Condizioni					
Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	26.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kNm)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kNm)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kNm)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### A) FORZE VERTICALI

**A1) Peso del Muro (Pm)**

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	96.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	115.20	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	492.45	(kN/m)

**A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)**

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	660.48	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4-B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	92.16	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.64	(kN/m)

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

**B1) Muro (Mm)**

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1-B2+0.5*B3)	=	278.40	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1-B2+B3+1/3 B4)	=	393.98	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1727.07	(kNm/m)

**B2) Terrapieno a tergo del muro**

Mt1 = Pt1*(B1-B2-B3+B4+0.5*B5)	=	3817.57	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1-B2-B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1-B2-B3+2/3*B4)	=	344.68	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4162.25	(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

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 143 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$S_t = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4)^2 \cdot k_0 = 525,40 \text{ (kN/m)}$$

$$S_q = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4) \cdot k_0 = 123,07 \text{ (kN/m)}$$

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

condizione statica

$$MS_{t1} = S_t \cdot H / (H_2 + H_3 + H_4) / 3 = 1853,99 \text{ (kNm)}$$

$$MS_{q1} = S_q \cdot H / (H_2 + H_3 + H_4) / 2 = 651,40 \text{ (kNm)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>ext</sub>)

$$M_{ext1} = m = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext2} = H \cdot (H_3 + H_2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$M_{ext3} = v \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_t + S_q = 1440,09 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_t + S_q + i = 618,45 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)

$$M_s = M_m + M_t + MS_{t2} + MS_{q2} + M_{ext3} = 7351,80 \text{ (kNm/m)}$$

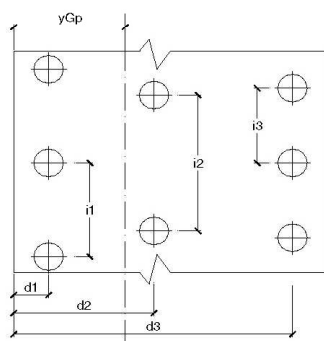
Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)

$$M_r = MS_{t1} + MS_{q1} + M_{ext1} + M_{ext2} = 2505,40 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 4846,40 \text{ (kNm/m)}$$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1,50	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1)	=	1,50	(m)	interasse pali (i1)	= 4,50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2)	=	6,00	(m)	interasse pali (i2)	= 9,00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3)	=	6,00	(m)	interasse pali (i3)	= 9,00 (m)

$$\text{Asse Baricentrico della Palificata (yGp)} = 3,750 \text{ (m)}$$

Risultante forze verticali (N<sub>p</sub> = N)

Risultante forze orizzontali (T<sub>p</sub> = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (M<sub>p</sub>)

$$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	N <sub>p</sub> [kN/m]	M <sub>p</sub> [kNm/m]	T <sub>p</sub> [kN/m]
statico	1440,09	553,92	618,45

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
------	--------------	--------------	--------------	--------	--------





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

**Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548**

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 144 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

statico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
	3794.12	2686.27	2686.27	1391.51	3178.25

## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 145 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)

$\gamma_c$  = 2.1

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 18.81 (MPa)

##### Copriferro

c = 6.70 (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)

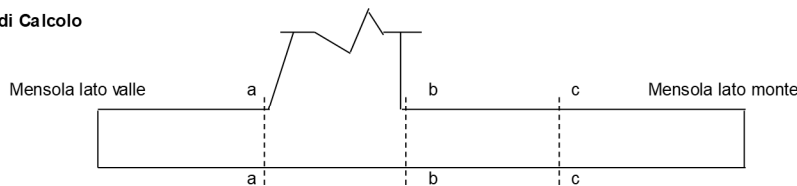
$\epsilon_{ys}$  = 0.19%

$\epsilon_{uk}$  = 3.000%

$\epsilon_{ud}$  = 2.700%

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Sezioni di Calcolo



##### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

##### Mensola Lato Monte

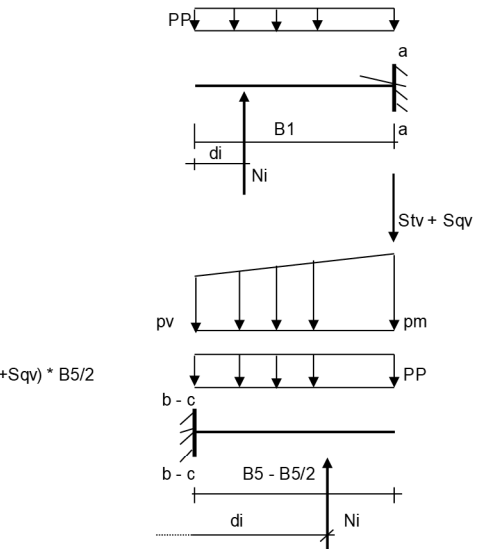
$$M_b = \sum N_i \cdot (B5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	192.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	192.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	192.00	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	875.08	-870.61	-609.21



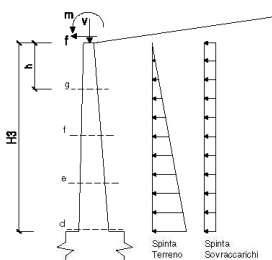
Ta	Tb
[kN]	[kN]
741.89	-387.53

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 146 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=	1.18
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$			
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.168	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.456	(-)	0.456		
	componente orizzontale	kash+	=	0.419	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.189	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.527	(-)	0.527			
componente orizzontale	kash-	=	0.484	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.208	(-)				

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

$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$

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

$M_{soz.20} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$  (solo con sisma)

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

$N_q = K_{a_{sizm}} \cdot q \cdot h$

$N_{act} = v$

$N_{pp-h=20} = \sum P_m \cdot (1 \pm kv)$

sezione	h [m]	condizione statica			
		Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>act</sub> [kN/m]	T <sub>soz</sub> [kN/m]
d-d	9.60	361.18	97.82	0.00	459.00
e-e	7.20	203.17	73.37	0.00	276.53
f-f	4.80	90.30	48.91	0.00	139.21
g-g	2.40	22.57	24.46	0.00	47.03

sezione	h [m]	condizione statica								
		Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>act</sub> [kNm/m]	M <sub>soz</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>act</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>soz</sub> [kN/m]
d-d	9.60	1155.79	469.54	0.00	1625.33	154.88	41.95	0.00	211.20	408.03
e-e	7.20	487.60	264.12	0.00	751.71	87.12	31.46	0.00	136.80	255.38
f-f	4.80	144.47	117.38	0.00	261.86	38.72	20.97	0.00	76.80	136.49
g-g	2.40	18.06	29.35	0.00	47.41	9.68	10.49	0.00	31.20	51.37

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

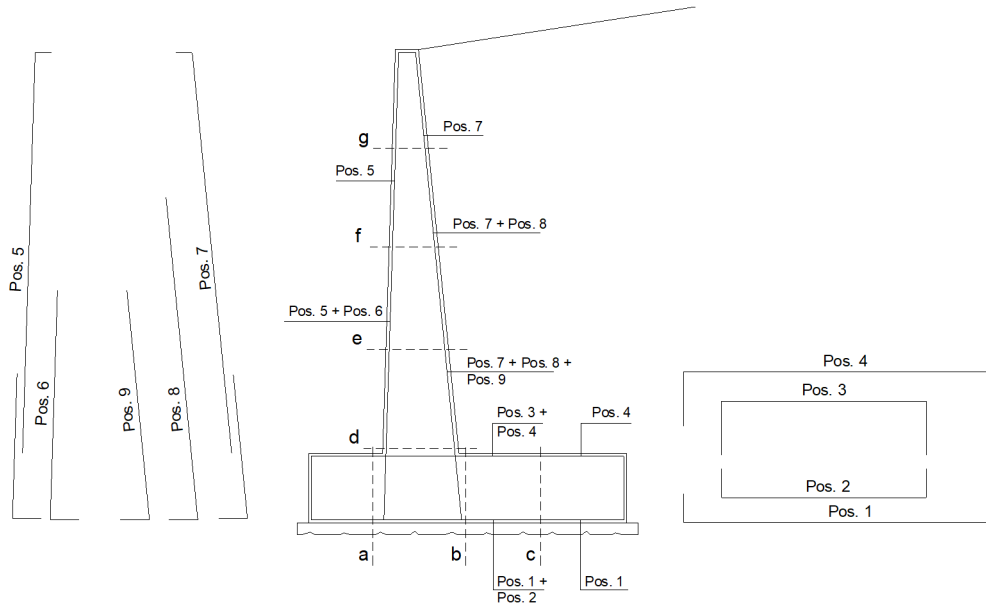
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 147 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

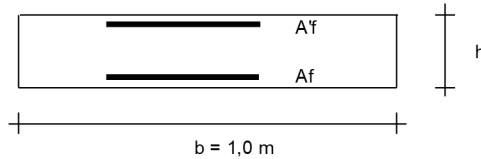


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

Calcola

### VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4  
b-b pos 1-2-3-4  
c-c pos 1-4  
d-d pos 5-7-11-10-8  
e-e pos 5-7-11-10-8  
f-f pos 5-10-8  
g-g pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	875.08	0.00	741.89	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-870.61	0.00	-387.53	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-609.21	0.00	—	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	1625.33	408.03	459.00	1.36	79.64	10.05	3965.54	408.03	656.90
e - e	751.71	255.38	276.53	1.12	79.64	10.05	3113.14	255.38	571.66
f - f	261.86	136.49	139.21	0.88	53.09	10.05	1615.97	136.49	427.94
g - g	47.41	51.37	47.03	0.64	26.55	10.05	573.47	51.37	292.35

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	148 di 168

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanenti sfavorevoli	temporaneo variabili sfavorevoli	tan φ'
SLU	○	caso A1+M1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A2+M1	1.00	1.30	1.00
SLD	⊙	Sismica+M2+R2	1.00	1.00	1.25
def.	○	--	1.10	1.10	1.20

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

Dati Terrapieno					
Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	29.26	(°)	
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>	=	14.63	(°)	
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup. id.</sub>	=	14.63	(°)	
Coef. di Spinta a riposo sulla superficie ideale	ko	=	0.426	(-)	0.426
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.49	(-)	0.494
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.57	(-)	0.574

#### 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	l	=	0.00	(kN/m)
Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
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

#### A) FORZE VERTICALI

##### A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	96.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	115.20	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	492.45	(kN/m)

##### A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	660.48	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	92.16	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.64	(kN/m)

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

##### B1) Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	278.40	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	393.98	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1727.07	(kNm/m)

##### B2) Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	3817.57	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+R2+B3+2/3*(R4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	344.68	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4162.25	(kNm/m)

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

##### Spinta totale condizione statica

St = 0.5*γ*(H2+H3+H4)*ko	=	525.40	(kN/m)
Sq = q*(H2+H3+H4)*ka	=	94.67	(kN/m)

##### componente orizzontale condizione statica

Sth = St*cosδ	=	508.37	(kN/m)
Sqh = Sq*cosδ	=	91.60	(kN/m)

##### componente verticale condizione statica

Stv = St*senδ	=	132.69	(kN/m)
Sqv = Sq*senδ	=	23.91	(kN/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 149 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

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

condizione statica

MS1 = $Sth \cdot (H2+H3+H4)/3$	=	1880.95	(kN/m)
MS2 = $Stv \cdot B$	=	995.14	(kN/m)
MSq1 = $Sqh \cdot (H2+H3+H4)/2$	=	508.37	(kN/m)
MSq2 = $Sqv \cdot B$	=	179.30	(kN/m)

### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

Mfext1 = m	=	0.00	(kNm/m)
Mfext2 = $f \cdot (H3 + H2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mfext3 = $v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	=	0.00	(kNm/m)

### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1401.68 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 599.96 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS2 + MSq2 + Mfext3 = 7063.77 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 2389.32 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4674.45 \text{ (kNm/m)}$$

### CONDIZIONE SISMICA +

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst1 = a_y \cdot g \cdot S \cdot (H2+H3+H4)^2 = 637.54 \text{ (kN/m)}$$

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

componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos\delta = 616.87 \text{ (kN/m)}$$

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

componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin\delta = 161.01 \text{ (kN/m)}$$

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

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

condizione sismica +

$$MSst1 = MS1 + Sst1h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 5304.60 \text{ (kN/m)} \quad \text{- Momento dovuto alla spinta a riposo-Incremento sismico}$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 1207.54 \text{ (kN/m)}$$

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 127.41 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 194.72 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptshv = Pt \cdot kv = 97.36 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) = 156.47 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) = 140.08 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) = 54.57 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 351.13 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5 = 582.70 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot (H2+H3 \cdot 2/3) - (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5 = 134.24 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 716.94 \text{ (kNm/m)}$$

### FORZE ESTERNE

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 150 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Momento dovuto alle Forze Esterne (M<sub>fext</sub>)  
M<sub>fext1</sub> = m<sub>s</sub> = 0.00 (kNm/m)  
M<sub>fext2</sub> = f<sub>s</sub>\*(H<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>) = 0.00 (kNm/m)  
M<sub>fext3</sub> = v<sub>s</sub>\*(B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub> + B<sub>3</sub>/2) = 0.00 (kNm/m)

### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)  
N = P<sub>m</sub> + P<sub>t</sub> + v<sub>s</sub> + S<sub>tv</sub> + S<sub>st1v</sub> + S<sub>sq1v</sub> + P<sub>tsv</sub> = 1636.14 (kN/m)

Risultante forze orizzontali (T)  
T = S<sub>th</sub> + S<sub>st1h</sub> + S<sub>sq1h</sub> + f<sub>s</sub> + P<sub>s</sub> + P<sub>tsh</sub> = 1447.37 (kN/m)

Momento stabilizzante (M<sub>s</sub>)  
M<sub>s</sub> = M<sub>m</sub> + M<sub>t</sub> + M<sub>Sst2</sub> + M<sub>Ssq2</sub> + M<sub>fext3</sub> = 7096.87 (kNm/m)

Momento ribaltante (M<sub>r</sub>)  
M<sub>r</sub> = M<sub>Sst1</sub> + M<sub>Ssq1</sub> + M<sub>fext1</sub> + M<sub>fext2</sub> + M<sub>Ps</sub> + M<sub>pts</sub> = 6372.66 (kNm/m)

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)  
MM = M<sub>s</sub> - M<sub>r</sub> = 724.20 (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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	151 di 168

### CONDIZIONE SISMICA -

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Incremento di spinta in condizione sismica +

$$Sst2 = a_s/g * S^* * (H2+H3+H4)^2 = 637.54 \text{ (kN/m)}$$

$$Ssq2 = q_s^* * (H2+H3+H4) * k_{as} = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione sismica -

$$Sst2h = Sst2 * \cos \delta = 616.87 \text{ (kN/m)}$$

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

componente verticale condizione sismica -

$$Sst2v = Sst2 * \sin \delta = 161.01 \text{ (kN/m)}$$

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

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

condizione sismica -

$$MSst1 = MSst1 + Sst2h * (H2+H3+H4)/2 = 5304.60 \text{ (kN/m)}$$

$$MSst2 = Sst2v * B = 1207.54 \text{ (kN/m)}$$

$$MSsq1 = Ssq2h * (H2+H3+H4)/2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m * kh = 127.41 \text{ (kN/m)}$$

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

$$Ptsh = P_t * kh = 194.72 \text{ (kN/m)}$$

$$Ptsh = P_t * kv = -97.36 \text{ (kN/m)}$$

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

$$MPs1 = kh * P_m1 * (H2+H3/3) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs2 = kh * P_m2 * (H2 + H3/2) = 156.47 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs3 = kh * P_m3 * (H2+H3/3) = 140.08 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs4 = kh * P_m4 * (H2/2) = 54.57 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 = 351.13 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts1 = kh * Pt1 * (H2 + H3/2) + (B - B5/2) * 0.5 = 1570.38 \text{ (kNm/m)}$$

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

$$MPts3 = kh * Pt3 * (H2+H3^2/3) + (B1 + B2 + B3 + 2/3 * B4) * 0.5 = 242.49 \text{ (kNm/m)}$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 1812.87 \text{ (kNm/m)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + Pt + v_s + Stv + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 1441.42 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sst1h + Ssq1h + f_s + Ps + Ptsh = 1447.37 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 7096.87 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MP_s + MPts = 7468.60 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = -371.73 \text{ (kNm/m)}$$



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

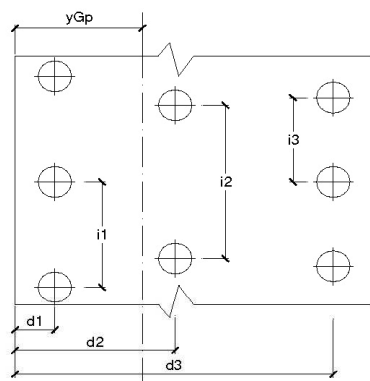
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 152 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1.50	(m)		
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) =		1.50	(m)	interasse pali (i1) =	4.50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) =		6.00	(m)	interasse pali (i2) =	9.00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) =		6.00	(m)	interasse pali (i3) =	9.00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3.750 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp\*Np - MM

### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
sisma+	1636.14	5411.33	1447.37
sisma-	1441.42	5777.05	1447.37

### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
sisma+	9092.65	-1730.01	-1730.01	3256.58	7438.12
sisma-	9020.25	-2533.86	-2533.86	3256.58	7438.12

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 153 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)  
 $\gamma_c = 2.1$   
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 18.81$  (MPa)

###### Copriferro

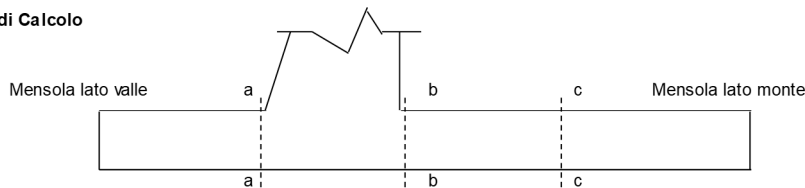
c = 6.70 (cm)

###### 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)  
 $\epsilon_{ys} = 0.19\%$   
 $\epsilon_{uk} = 3.000\%$   
 $\epsilon_{ud} = 2.700\%$

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Sezioni di Calcolo



###### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B_1^2 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

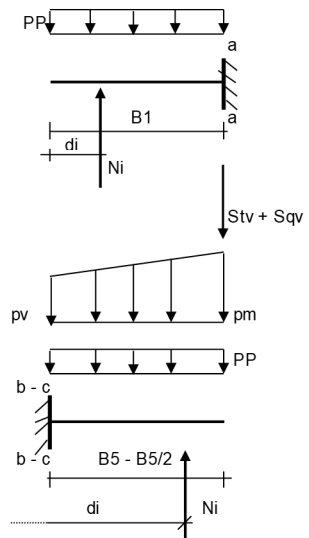
###### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B_5 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	192.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	192.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	192.00	(kN/m <sup>2</sup> )

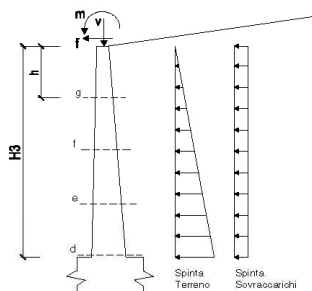


caso	Ma	Mb	Mc	Ta	Tb
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN]	[kN]
sisma+	2270.34	-2833.25	-702.61	1906.24	-1437.06
sisma-	2286.39	-2828.48	-634.43	1916.35	-1411.44

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	154 di 168

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.220 (-)	S	=
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00 (-)	Coefficiente Categoria di Suo
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no	$r$	1	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587 (-)	0.426	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294 (-)		
	Coef. di Spinta a Riposo sulla parete	ka	=	0.426 (-)		
	componente orizzontale	kah	=	0.400 (-)		
	componente verticale	kav	=	0.148 (-)		
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.543 (-)		0.543
	componente orizzontale	kash-	=	0.509 (-)		
	componente verticale	kasv-	=	0.189 (-)		
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.628 (-)	0.628		
componente orizzontale	kash-	=	0.589 (-)			
componente verticale	kasv-	=	0.218 (-)			

$M_t = \frac{1}{2} K_a \gamma h^3$       o     $\frac{1}{2} K_o \gamma h^3 + a_y g S \gamma h^3$  (con sisma)

$M_q = \frac{1}{2} K_a q h^2$

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

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

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

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

$N_{ext} = v$

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

**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	9.60	869.86	0.00	0.00	54.64	924.51
e-e	7.20	489.30	0.00	0.00	35.39	524.69
f-f	4.80	217.47	0.00	0.00	19.87	237.34
g-g	2.40	143.78	0.00	0.00	8.07	151.85

**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	9.60	3546.56	0.00	0.00	214.59	3761.16	196.49	0.00	0.00	238.52	435.01
e-e	7.20	1496.21	0.00	0.00	107.30	1603.50	110.53	0.00	0.00	154.50	265.02
f-f	4.80	443.32	0.00	0.00	41.73	485.05	49.12	0.00	0.00	86.73	135.86
g-g	2.40	55.42	0.00	0.00	8.94	64.36	12.28	0.00	0.00	35.24	47.52

**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	9.60	3546.56	0.00	0.00	214.59	3761.16	175.11	0.00	0.00	183.88	358.99
e-e	7.20	1496.21	0.00	0.00	107.30	1603.50	98.50	0.00	0.00	119.10	217.60
f-f	4.80	443.32	0.00	0.00	41.73	485.05	43.78	0.00	0.00	66.87	110.64
g-g	2.40	55.42	0.00	0.00	8.94	64.36	10.94	0.00	0.00	27.16	38.11

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

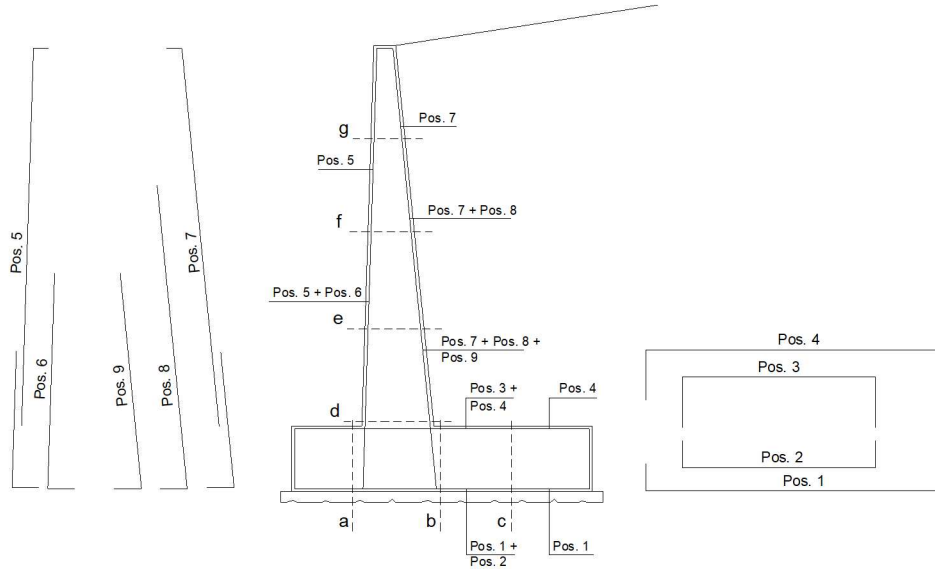
OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 155 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

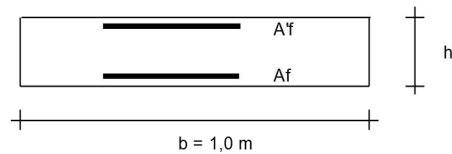


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

Calcola

### VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-7-11-10-8
e-e	pos 5-7-11-10-8
f-f	pos 5-10-8
g-g	pos 5-8

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(m)
a - a	2286.39	0.00	1916.35	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
b - b	-2833.25	0.00	1437.06	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
c - c	-702.61	0.00	-	1.50	53.09	53.09	2869.17	0.00	545.25
d - d	3761.16	435.01	924.51	1.36	79.64	10.05	3978.43	435.01	656.90
e - e	1603.50	265.02	524.69	1.12	79.64	10.05	3116.69	265.02	571.66
f - f	485.05	135.86	237.34	0.88	53.09	10.05	1615.76	135.86	427.94
g - g	64.36	47.52	151.85	0.64	26.55	10.05	572.49	47.52	292.35

## 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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU00B1	REL	01	D	156 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

		coefficienti parziali			
		caso	azioni		proprietà del terreno
			permanent stavocevoli	temporanea variabili stavocevoli	tan φ'
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00
	○	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00
SLD	○	sismica	1.00	1.00	1.25
def.	⊙	SLE	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	e	=	0.00	(°)		
Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>terreno</sub>	=	17.50	(°)		
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>supid</sub>	=	17.50	(°)		
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.426	(-)	0.426	
Coeff. Di Spinta Attiva sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.40	(-)	0.40	Val Norm.
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.47	(-)	0.471	

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

Condizioni Statiche				
Sovraaccanto 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)
Sovraaccanto 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

#### A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

Pm1 = (B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3*H3*γcls)	=	96.00	(kN/m)
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2	=	115.20	(kN/m)
Pm4 = (B*H2*γcls)	=	281.25	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	=	492.45	(kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 = (B5*H3*γ)	=	660.48	(kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4*H3*γ)/2	=	92.16	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	752.64	(kN/m)

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

B1) Muro (Mm)

Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	278.40	(kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	393.98	(kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	1054.69	(kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	=	1727.07	(kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	3817.57	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	344.68	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	4162.25	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	157 di 168

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ko = 525,40 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ko = 94,67 \text{ (kN/m)}$$

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

condizione statica

$$MS11 = St \cdot h \cdot (H2+H3+H4)/3 = 1853,99 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq \cdot h \cdot (H2+H3+H4)/2 = 501,08 \text{ (kNm)}$$

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 1431,55 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St + Sq + l = 591,36 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MS12 + MSq2 + Mfext3 = 7287,75 \text{ (kNm/m)}$$

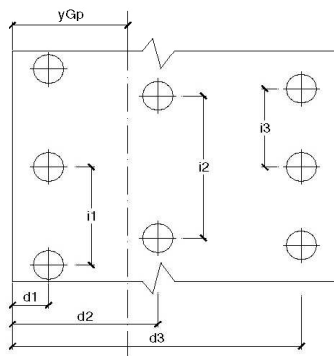
Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MS11 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 = 2355,07 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 4932,67 \text{ (kNm/m)}$$

#### Caratteristiche della Palificata



Diametro dei pali	d	=	1,50	(m)	
Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1) -		1,50	(m)	interasse pali (i1) = 4,50 (m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2) -		6,00	(m)	interasse pali (i2) = 9,00 (m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3) -		6,00	(m)	interasse pali (i3) = 9,00 (m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3,750 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

$$Mp = yGp \cdot Np - MM$$

#### Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata

caso	Np	Mp	Tp
	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
statico	1431,55	435,63	591,36

#### Sollecitazioni sui pali

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3	T pali	M pali
------	--------------	--------------	--------------	--------	--------



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 158 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

statico	[kN] 3656.60	[kN] 2785.35	[kN] 2785.35	[kN] 1330.57	[kNm] 3039.06
---------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 159 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo

Rck = 40 (MPa)

$\gamma_c$  = 2.1

fcd = Rck /  $\gamma_{m,c}$  = 18.81 (MPa)

#### Copriferro

c = 6.70 (cm)

#### Acciaio

tipo di acciaio B450C

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

$\gamma_E$  = 1.00

$\gamma_S$  = 1.15

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

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

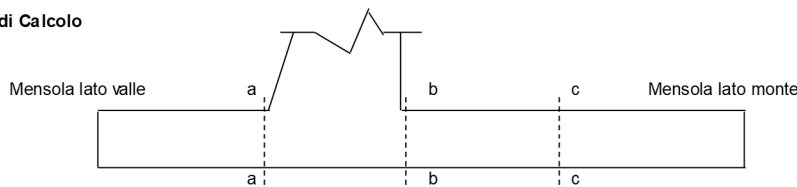
$\epsilon_{ys}$  = 0.19%

$\epsilon_{uk}$  = 3.000%

$\epsilon_{ud}$  = 2.700%

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

#### Sezioni di Calcolo



#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B_1^2 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

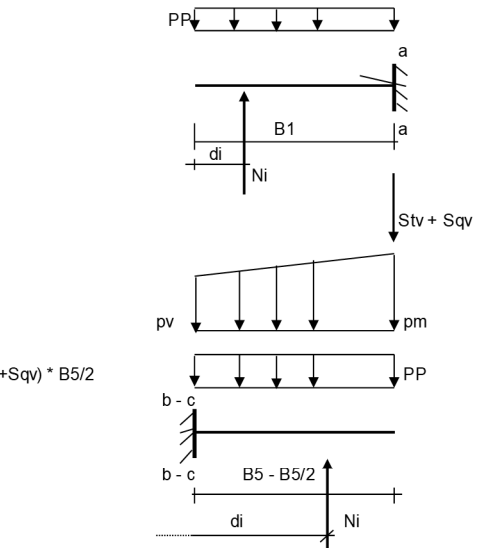
Peso Proprio PP = 37.50 (kN/m)

p<sub>m</sub> = 192.00 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vb</sub> = 192.00 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vc</sub> = 192.00 (kN/m<sup>2</sup>)

caso	M <sub>a</sub> [kNm/m]	M <sub>b</sub> [kNm/m]	M <sub>c</sub> [kNm/m]
statico	838.41	-798.52	-592.09



T <sub>a</sub> [kN]	T <sub>b</sub> [kN]
711.33	-356.97

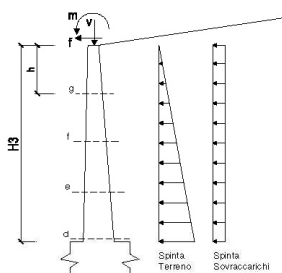


Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 160 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

S.P.E.S. - STUDIO TECNICO

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	-	0.22	(-)	S	-	1.18
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m =$		1.00	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no	$r =$		1	
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	-	0.2587	(-)			
coefficiente sismico verticale	$k_v$	-	0.1294	(-)				
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	-	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	$k_{ah}$	-	0.392	(-)			
	componente verticale	$k_{av}$	-	0.168	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	-	0.456	(-)	0.456		
	componente orizzontale	$k_{ash+}$	-	0.419	(-)			
	componente verticale	$k_{asv+}$	-	0.180	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	-	0.527	(-)	0.527			
componente orizzontale	$k_{ash-}$	-	0.484	(-)				
componente verticale	$k_{asv-}$	-	0.208	(-)				

$M_t = \frac{1}{2} K_o \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$

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

$M_q = \frac{1}{2} K_o \cdot q \cdot h^2$

$M_{act} = m \cdot h^3$

$M_{serrzo} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$

(solo con sisma)

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

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

$N_{act} = v$

$N_{pp+HERZ} = 2P_m (1 \pm k_v)$

condizione statica

sezione	h [m]	T <sub>t</sub> [kN/m]	T <sub>q</sub> [kN/m]	T <sub>act</sub> [kN/m]	T <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	9.60	361.18	75.25	0.00	436.43
e-e	7.20	203.17	56.44	0.00	259.60
f-f	4.80	90.30	37.62	0.00	127.92
g-g	2.40	22.57	18.81	0.00	41.39

condizione statica

sezione	h [m]	M <sub>t</sub> [kNm/m]	M <sub>q</sub> [kNm/m]	M <sub>act</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>t</sub> [kN/m]	N <sub>q</sub> [kN/m]	N <sub>act</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	9.60	1155.79	361.18	0.00	1516.97	154.88	32.27	0.00	211.20	388.35
e-e	7.20	487.60	203.17	0.00	690.76	87.12	24.20	0.00	136.80	248.12
f-f	4.80	144.47	90.30	0.00	234.77	38.72	16.13	0.00	76.80	131.65
g-g	2.40	18.06	22.57	0.00	40.63	9.68	8.07	0.00	31.20	48.95

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	161 di 168

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### A) FORZE VERTICALI

##### A1) Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \rho_{cs}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \rho_{cs})$	=	96.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \rho_{cs}) / 2$	=	115.20	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \rho_{cs})$	=	281.25	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4$	=	492.45	(kN/m)

##### A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	660.48	(kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	92.16	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	752.64	(kN/m)

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

##### B1) Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	278.40	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	393.98	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B2)$	=	1054.69	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	=	1727.07	(kNm/m)

##### B2) Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	3817.57	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	344.68	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	4162.25	(kNm/m)

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

##### Spinta totale condizione statica

$St = 0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot ko$	=	525.40	(kN/m)
$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot ka$	=	94.67	(kN/m)

##### componente orizzontale condizione statica

$StH = St \cdot \cos \delta$	=	501.08	(kN/m)
$SqH = Sq \cdot \cos \delta$	=	90.28	(kN/m)

##### componente verticale condizione statica

$StV = St \cdot \sin \delta$	=	157.99	(kN/m)
$SqV = Sq \cdot \sin \delta$	=	26.47	(kN/m)

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

##### condizione statica

$MS1 = StH \cdot (H2 + H3 + H4) / 3$	=	1853.99	(kNm)
$MS2 = StV \cdot B$	=	1184.92	(kNm)
$MSq1 = SqH \cdot (H2 + H3 + H4) / 2$	=	501.08	(kNm)
$MSq2 = SqV \cdot B$	=	213.50	(kNm)

#### FORZE ESTERNE

##### Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$Mfext1 = m$	=	0.00	(kNm/m)
$Mfext2 = l \cdot (H3 + H2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3) / 2$	=	0.00	(kNm/m)

### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

##### Risultante forze verticali (N)

$N = Pm + Pt + v + StV + SqV$	=	1431.55	(kN/m)
-------------------------------	---	---------	--------

##### Momento stabilizzante (Ms)

$Ms = Mm + Mt + MS1 + MSq2 + Mfext3$	=	7287.75	(kNm/m)
--------------------------------------	---	---------	---------

##### Momento ribaltante (Mr)

$Mr = MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2$	=	2355.07	(kNm/m)
-------------------------------------	---	---------	---------

##### Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$MM = Ms - Mr$	=	4932.67	(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 162 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

*Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata*

caso	Np	Mp
	[kN]	[kNm]
statico	1431.55	435.63

*Sollecitazioni sui pali*

caso	N pali all.1	N pali all.2	N pali all.3
	[kN]	[kN]	[kN]
statico	3656.60	2785.35	2785.35

### CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

DATI DI PROGETTO:

#### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck =  (Mpa)

fctm =  $0.3 \cdot (0.83 \cdot Rck)^{2/3} = 3.10$  (Mpa)

##### Acciaio

tipo di acciaio

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

E<sub>s</sub> =  (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n =

##### Copriferro

c =  (cm) (distanza asse armatura-bordo)

##### Copriferro minimo di normativa

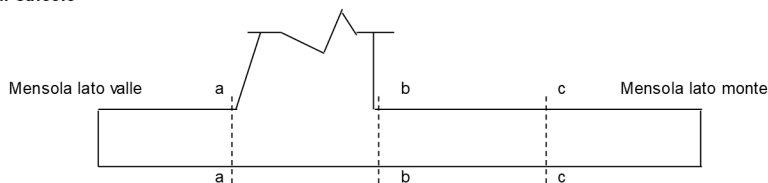
c<sub>min</sub> =  (cm) (ricoprimento armatura)

##### Valore limite di apertura delle fessure

=  mm

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Sezioni di Calcolo



Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 163 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------------

**Mensola Lato Valle**

$$Ma = \sum N_i (B1 - d) / i_i - PP (1 \pm kv) B1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

**Mensola Lato Monte**

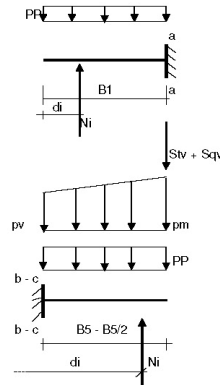
$$Mb = \sum N_i (B5 - (B-d)) i_i - [PP^2 B5^2 / 2 + pvb^2 B5^2 / 2 + (pm - pvb) B5^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) * B5$$

$$Mc = \sum N_i (B5/2 - (B-d)) i_i - [PP^2 (B5/2)^2 / 2 + pvc^2 (B5/2)^2 / 2 + (pm - pvc) (B5/2)^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) * B5/2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

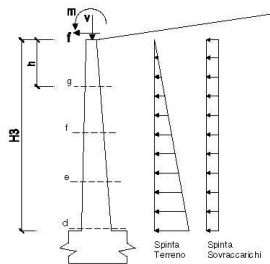
Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	838.41	-1139.33	-609.21



**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.220	(-)	S		
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)</b>		$\beta_m$	=	1.00		(-)	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì <input checked="" type="radio"/> no	$r$	=		1	Coefficiente Categoria di
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.2587	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.1294	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coef. di Spinta a Riposo sulla parete	ko	=	0.426	(-)	0.426		
	componente orizzontale	kah	=	0.392	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.168	(-)			
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.456	(-)	0.456		
	componente orizzontale	kash+	=	0.419	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.180	(-)			
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.527	(-)	0.527			
componente orizzontale	kash-	=	0.484	(-)				
componente verticale	kasv-	=	0.208	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_0 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3 + a_g \cdot g \cdot S \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_0 \cdot q \cdot h^2$$

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

$$M_{res2k} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

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

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

$$N_{est} = v$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

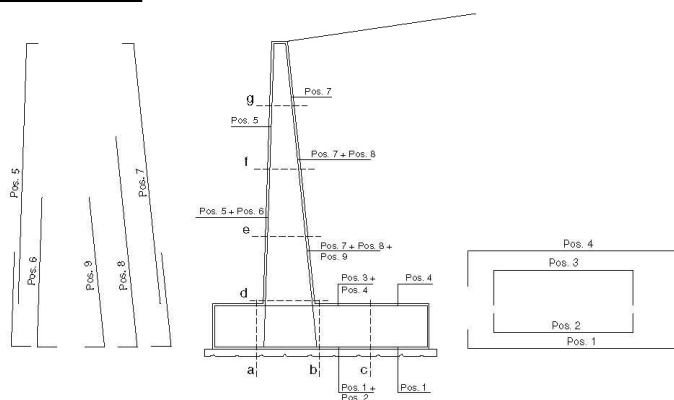
Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	164 di 168

sezione	h [m]	condizione statica								
		Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	9.60	1155.79	361.18	0.00	1516.97	154.88	32.27	0.00	211.20	398.35
e-e	7.20	487.60	203.17	0.00	690.76	87.12	24.20	0.00	136.90	248.12
f-f	4.90	144.47	90.30	0.00	234.77	38.72	16.13	0.00	76.30	131.65
g-g	2.40	18.06	22.57	0.00	40.63	9.68	8.07	0.00	31.20	48.95

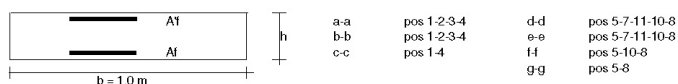
### SCHEMA DELLE ARMATURE



### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

### VERIFICHE



Condizione Statica	M	N	h	Af	A'i	σc	σf
Sez.	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
(-)							
a - a	838.41	0.00	1.50	53.09	53.09	2.61	118.87
b - b	-1139.33	0.00	1.50	53.09	53.09	3.54	161.54
c - c	-609.21	0.00	1.50	53.09	53.09	0.43	85.82
d - d	1516.97	398.35	1.36	79.64	10.05	5.98	145.11
e - e	690.76	248.12	1.12	79.64	10.05	3.85	80.89
f - f	234.77	131.65	0.88	53.09	10.05	2.29	50.86
g - g	40.63	48.95	0.64	26.55	10.05	0.88	21.46

(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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	165 di 168

### Carichi Agenti (usati per verifiche a fessurazione)

Condizion Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	$q_{acc}$	=	0.75 $q$	=	15.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	$i$	=	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)		
	Peso Unità di Volume del Calcestruzzo	$\gamma_{ds}$	=	25.00 (kN/m <sup>3</sup> )		

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### A) FORZE VERTICALI

A1) Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{ds})/2$	=	0.00 (kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{ds})$	=	96.00 (kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{ds})/2$	=	115.20 (kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{ds})$	=	281.25 (kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4$	=	492.45 (kN/m)

A2) Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	660.48 (kN/m)
$Pt2 = (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00 (kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	92.16 (kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	752.64 (kN/m)

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

B1) Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 \cdot 0.5 \cdot B3)$	=	278.40 (kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 \cdot B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	393.98 (kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	1054.69 (kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	=	1727.07 (kNm/m)

B2) Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	3817.57 (kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00 (kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	344.68 (kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	4162.25 (kNm/m)

### CONDIZIONE STATICA

#### C) SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$St = 0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4) \cdot k_0$	=	525.40 (kN/m)
$Sq = q \cdot (I2 + I3 + I4) \cdot k_a$	=	71.00 (kN/m)

componente orizzontale condizione statica

$St_h = St \cdot \cos \delta$	=	501.08 (kN/m)
$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta$	=	67.71 (kN/m)

componente verticale condizione statica

$St_v = St \cdot \sin \delta$	=	157.99 (kN/m)
$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta$	=	21.35 (kN/m)

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

condizione statica

$MS1 = St_h \cdot (H2 + H3 + H4)/3$	=	1853.99 (kNm)
$MS2 = St_v \cdot B$	=	1184.92 (kNm)
$MSq1 = Sq_h \cdot (H2 + H3 + H4)/2$	=	375.81 (kNm)
$MSq2 = Sq_v \cdot B$	=	160.12 (kNm)

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mtext)

$Mfext1 = m$	=	0.00 (kNm/m)
$Mfext2 = l \cdot (H3 + H2)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	=	0.00 (kNm/m)

### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$N = Pm + Pt + v + St_v + Sq_v$	=	1424.43 (kN/m)
---------------------------------	---	----------------

Momento stabilizzante (Ms)

$Ms = Mm + Mt + MS2 + MSq2 + Mfext3$	=	7234.37 (kNm/m)
--------------------------------------	---	-----------------

Momento ribaltante (Mr)

$Mr = MS1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2$	=	2229.80 (kNm/m)
-------------------------------------	---	-----------------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$MM = Ms - Mr$	=	5004.57 (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

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0031	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 166 di 168
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI SUI PALI

*Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata*

caso	Np [kN]	Mp [kNm]	Tp [kN/m]
statico	1424.43	337.04	748.13

*Sollecitazioni sui pali*

caso	N pali all.1 [kN]	N pali all.2 [kN]	N pali all.3 [kN]	T pali [kN]	M pali [kNm]
statico	3542.01	2867.92	2867.92	1683.30	3844.70

### CALCOLI STATICI - Verifica a fessurazione

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck =  (Mpa)

fctm =  $0.3 \cdot (0.83 \cdot Rck)^{2/3}$  = 3.10 (Mpa)

##### Acciaio

tipo di acciaio

fyk = 450 (Mpa)

Es =  (Mpa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n =

##### Copriferro

c =  (cm) (distanza asse armatura-bordo)

##### Copriferro minimo di normativa

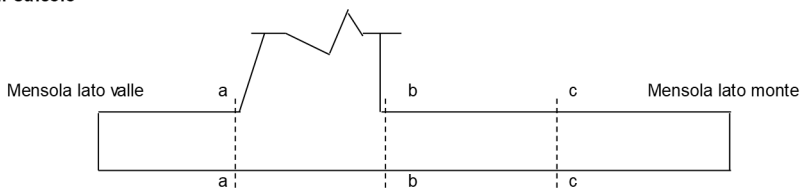
c<sub>min</sub> =  (cm) (ricoprimento armatura)

##### Valore limite di apertura delle fessure

w1  mm

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

#### Sezioni di Calcolo



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muri di sottoscarpa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	167 di 168

#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i (B1 - d) / i_i - PP (1 \pm kv) B1^2 / 2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

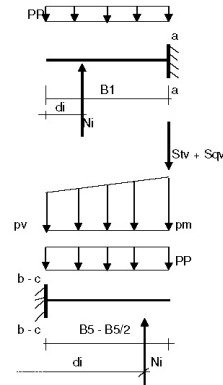
$$M_b = \sum N_i (B5 - (B-d)) i_i - [PP B5^2 / 2 + pvb B5^2 / 2 + (pm - pvb) B5^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) * B5$$

$$M_c = \sum N_i (B5/2 - (B-d)) i_i - [PP (B5/2)^2 / 2 + pvc (B5/2)^2 / 2 + (pm - pvc) (B5/2)^2 / 3] (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) * B5/2$$

Σ estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

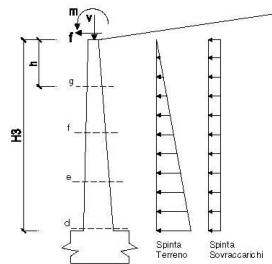
Peso Proprio	PP	=	37.50	(kN/m)
	pm	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	249.60	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico	807.85	-1079.25	-592.93



#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

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



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g$	=	0.220	(-)	S = 1.176	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione (1 per muri che non ammettono spostamento al piede)		$\beta m$	=	1.00		(-)
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)		<input type="radio"/> sì	<input checked="" type="radio"/> no	$r = 1$		
	Coefficiente Categoria di Suolo						
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale		kh	=	0.2587	(-)	
	coefficiente sismico verticale		kv	=	0.1294	(-)	
	Coeff. di Spinta a Riposo sulla parete		ko	=	0.426	(-)	
	componente orizzontale		kah	=	0.392	(-)	
	componente verticale		kav	=	0.168	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas+	=	0.456	(-)	
	componente orizzontale		kash+	=	0.419	(-)	
	componente verticale		kasv+	=	0.180	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete		kas-	=	0.527	(-)	
	componente orizzontale		kash-	=	0.484	(-)	
componente verticale		kasv-	=	0.208	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_a \gamma^2 h^3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_a \gamma^2 h^2 h/3 + a_y g S \gamma^2 h^3 h/2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_a q h^2$$

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

$$M_{resca} = \sum P m_i b_i kh \quad (\text{solo con sisma})$$

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

$$N_q = K_{a,est} q h$$

$$N_{est} = v$$



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

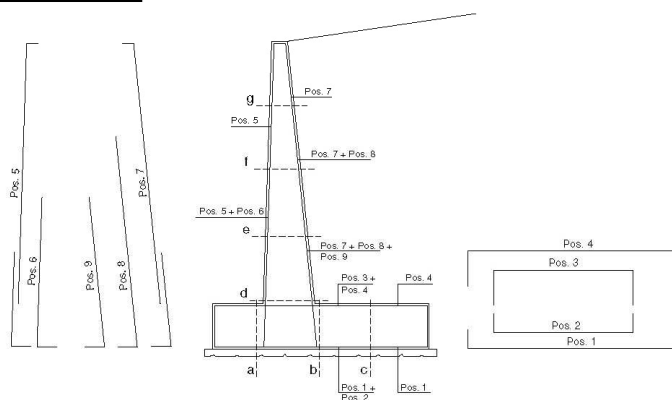
Muri di sottoscampa in dx dal km 9+504 al km 9+548

- Relazione tecnica e di calcolo muri conci 1 e 2

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	MU0031	REL	01	D	168 di 168

sezione	h [m]	condizione statica								
		Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>int</sub> [kNm/m]	M <sub>est</sub> [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>est</sub> [kN/m]	N <sub>sp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	9.60	1155.79	270.89	0.00	1426.68	154.88	24.20	0.00	211.20	390.28
e-e	7.20	487.60	152.37	0.00	639.97	87.12	18.15	0.00	136.80	242.07
f-f	4.80	144.47	67.72	0.00	212.20	38.72	12.10	0.00	76.80	127.62
g-g	2.40	18.06	16.93	0.00	34.99	9.68	6.05	0.00	31.20	46.93

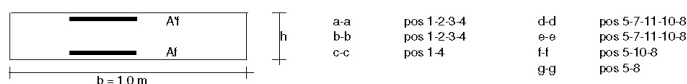
### SCHEMA DELLE ARMATURE



### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	10.0	26	5	5.0	16
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	26
4	10.0	26	8	5.0	26
			9	5.0	26

### VERIFICHE



Sez.	M	N	h	Af	A'i	gc	gd	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	807.85	0.00	1.50	53.09	53.09	2.51	114.54	0.105	0.200
b - b	-1079.25	0.00	1.50	53.09	53.09	3.36	153.02	0.140	0.200
c - c	-592.93	0.00	1.50	53.09	53.09	0.42	83.53	0.077	0.200
d - d	1426.68	390.28	1.36	79.64	10.05	5.63	135.70	0.110	0.200
e - e	639.97	242.07	1.12	79.64	10.05	3.57	74.34	0.058	0.200
f - f	212.20	127.62	0.88	53.09	10.05	2.07	45.31	0.039	0.200
g - g	34.99	46.93	0.64	26.55	10.05	0.76	17.72	0.018	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 ( $\beta_2=0.5$ ).