


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

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

### PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

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

PROGETTAZIONE:	ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:
<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><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>

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

<p><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 <b>OPERE D'ARTE MINORI: OPERE DI SOSTEGNO E DRENI</b> Muro in c.a. da Pr. 9+718 a Pr. 9+733 Relazione di calcolo</p>	<p>SCALA: ---</p> <p>DATA: Novembre 2021</p>
--	--

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

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

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
A	Novem. 2021	Emissione Progetto di Dettaglio	Tecnostutture	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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 1 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	5
1.2 UNITÀ DI MISURA.....	5
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE .....	7
3.2 COPRIFERRI.....	8
3.3 BIBLIOGRAFIA .....	9
<b>4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....</b>	<b>10</b>
4.1 MODELLO GEOTECNICO .....	11
<b>5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI.....</b>	<b>12</b>
5.1 ANALISI DEI CARICHI.....	12
5.1.1 Peso proprio.....	12
5.1.2 Spinta del terreno.....	12
5.1.3 Spinta in presenza di falda .....	12
5.1.4 Spinta del sovraccarico .....	13
5.1.5 Azioni Sismiche.....	13
5.1.6 Forze d'inerzia.....	13
5.1.7 Spinta sismica terreno .....	14
5.2 COMBINAZIONI DI CARICO.....	15
5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI.....	15
5.2.2 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita .....	17
5.2.3 Stati Limite di Esercizio.....	18
<b>6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA.....</b>	<b>21</b>
6.1 VERIFICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE DIRETTA.....	21
<b>7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI SU FONDAZIONE DIRETTA ...</b>	<b>23</b>
7.1 SCHEMA DI CALCOLO .....	23
7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI DIRETTE.....	25
7.3 CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	27
7.3.1 Verifiche per gli stati limite ultimi .....	27
7.3.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	29
7.3.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	30
7.4 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI MURO.....	32
7.4.1 Concio 1 .....	32
7.4.2 Concio 2 .....	34
7.4.3 Concio 3.....	36
<b>8. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (PUNTO 10.2).....</b>	<b>38</b>
8.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO DEI MURI.....	40
<b>ALLEGATO 1.....</b>	<b>42</b>



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 2 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 1 .....	42
<b>ALLEGATO 2.....</b>	<b>67</b>
TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 2.....	67
<b>ALLEGATO 3.....</b>	<b>92</b>
TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 3.....	92

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	3 di 116

## 1. PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto di Dettaglio della strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Valnerina e "S.S.77" Val di Chienti, relativamente agli stralci funzionali n°3 (S vincolo 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 linea in destra, lato spalla "S1" del ponte sulla Pedemontana adiacente alla viabilità di Pianello. I muri si rendono necessari per il sostegno del rilevato stradale della Pedemantana.

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

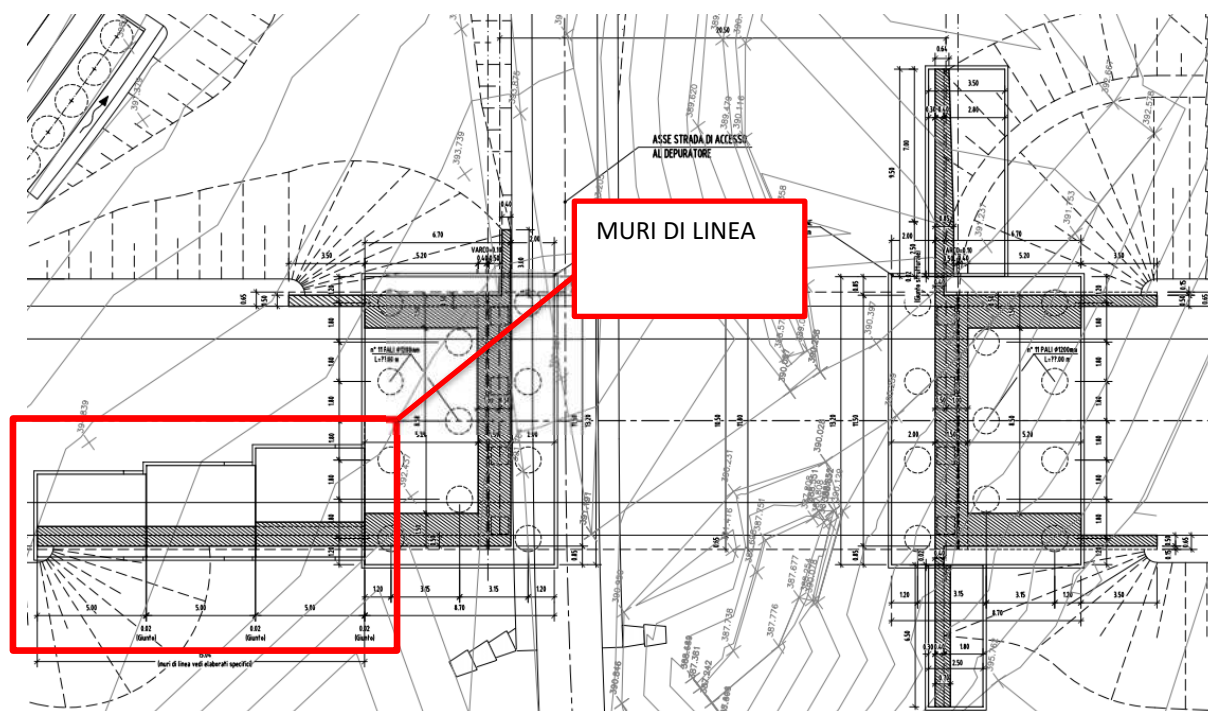


Figura 1.1 – Stralcio Planimetrico

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 4 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

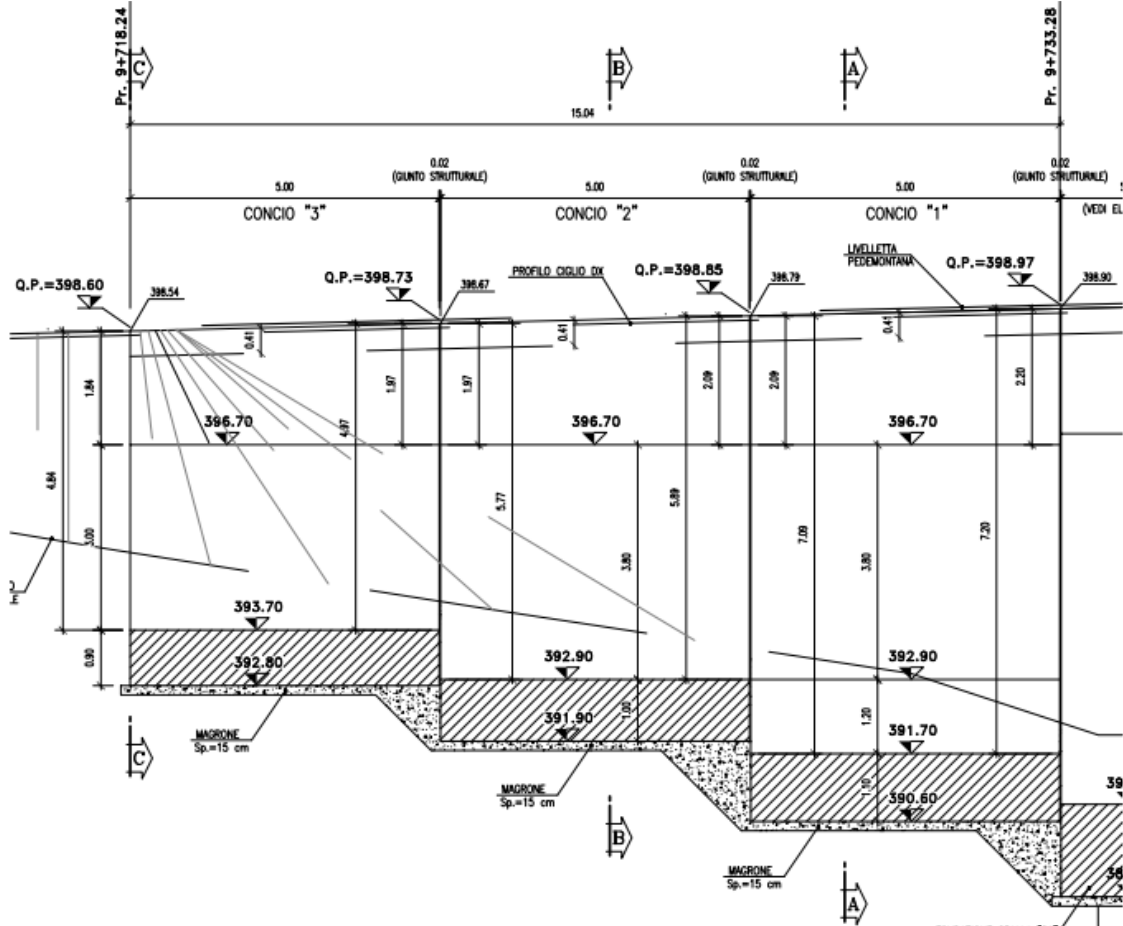
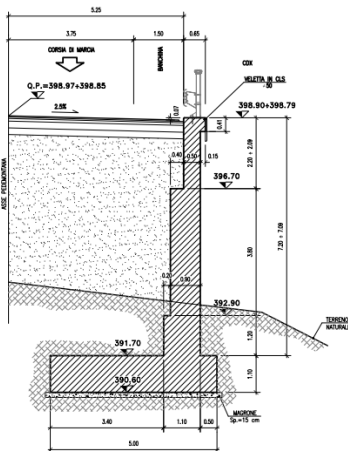
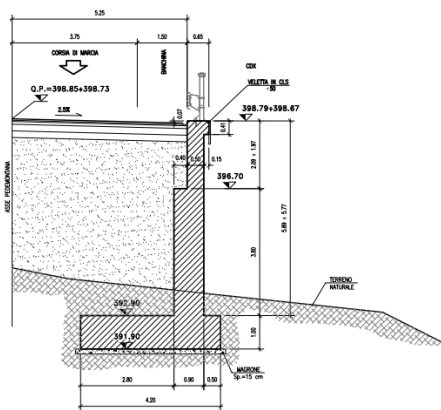


Figura 1.2 – Profilo longitudinale

SEZIONE A-A  
 (CONCIO "1")  
 SCALA 1:50



SEZIONE B-B  
 (CONCIO "2")  
 SCALA 1:50



SEZIONE C-C  
 (CONCIO "3")  
 SCALA 1:50

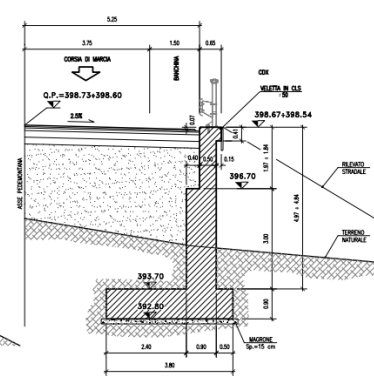


Figura 1.3 – Sezioni trasversali

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	5 di 116

## 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Come detto in precedenza, l'opera è costituita da tre conci di muri di linea ad altezza variabile con fondazione diretta.

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

- 1) Concio 1 - Sez. A-A: altezza di calcolo pari a 7.20 m;
- 2) Concio 2 - Sez. B-B: altezza di calcolo pari a 5.89 m;
- 3) Concio 3 - Sez. C-C: altezza di calcolo pari a 4.97 m

Si riportano di seguito le sezioni trasversali:

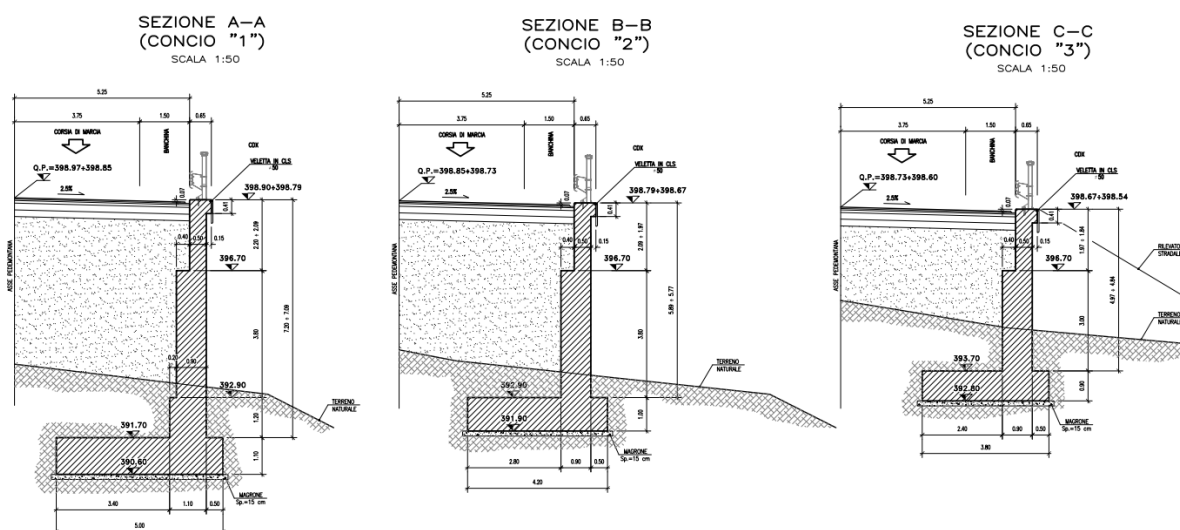


Figura 1.4 – Sezioni trasversali (Concio 1, 2 e 3)

Per facilità di calcolo, effettuato con fogli elettronici, invece di adottare un paramento verticale interno dei muri "gradonato" lungo l'altezza, si adotta un paramento interno inclinato che parte dallo spessore del muro allo spiccatto fino allo spessore in testa che è pari a 50 cm per tutti e tre i conci.

## 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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 6 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

## 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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 7 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

## 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

### 3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE

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

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

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

- **CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO PER LE FONDAZIONI**

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

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 8 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

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

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

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

### 3.2 COPRIFERRI

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

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

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

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

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

Tab 4.1.III – DM 14.01.08

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 9 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

**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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 10 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno interagente con le fondazioni delle opere oggetto di dimensionamento nel presente documento, si è fatto riferimento a quanto dettagliatamente indicato nella Relazione Geotecnica, alla carta geologica tav. 1 di 4 doc. 02-GE000PLA01 e nel Profilo Geotecnico Generale di Progetto TAV. 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 **Salt** e **Sch**, di cui nel seguito si riepilogano i parametri fisico-meccanici attribuiti sulla scorta dei risultati delle indagini effettuate:

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

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

Unità Sch – Formazione dello Schlier

$\gamma = 22.0 \div 24.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa per } z < 40 \text{ m}$	modulo di deformazione elastico operativo
$E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z \text{ MPa per } z > 40 \text{ m}$	

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 11 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

## 4.1 MODELLO GEOTECNICO

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

LITOTIPO		POTENZA in asse stdada	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E_{op}$
		m	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	MPa
Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso	Salt	4.00	19	10	26	130
Unità Sch – formazione dello Shlier	Sch	In poi	23	55	29	135

La falda è posta ad intradosso fondazione.

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

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

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

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

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

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

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 12 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

## 5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA MURI

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

### 5.1 ANALISI DEI CARICHI

#### 5.1.1 Peso proprio

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

#### 5.1.2 Spinta del terreno

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

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

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

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

#### 5.1.3 Spinta in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 13 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

#### 5.1.4 Spinta del sovraccarico

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

#### 5.1.5 Azioni Sismiche

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

#### 5.1.6 Forze d'inerzia

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v * W$

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

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

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

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

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 14 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

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

<b>Cat Suolo</b>	<b>C</b>	
<b>S<sub>s</sub> =</b>	<b>1.384</b>	
<b>S<sub>T</sub> =</b>	<b>1.00</b>	
<b>a<sub>max</sub> [m/s<sup>2</sup>] =</b>	<b>2,987</b>	
<b>β<sub>m</sub> =</b>	<b>1.00</b>	- Muri su pali
<b>Kh [--] =</b>	<b>0.304</b>	Coefficiente sismico orizzontale
<b>Kv [--] =</b>	<b>0.152</b>	Coefficiente sismico verticale

#### 5.1.7 Spinta sismica terreno

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 15 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

## 5.2 COMBINAZIONI DI CARICO

### 5.2.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITI

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

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

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

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

- Combinazione 1: A1+M1+R3

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

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

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

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

- ❖ Verifica del muro di sostegno

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

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

SLU di tipo strutturale



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 16 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	17 di 116

parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1).

Sono stati considerati i seguenti Stati Limite.

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

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

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

dove:

G<sub>1</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G<sub>2</sub> 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;

γ<sub>G</sub>, γ<sub>Q</sub>, γ<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.

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 18 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

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

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G<sub>1</sub> rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G<sub>2</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P<sub>k</sub> rappresenta pretensione e precompressione;
- 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:

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 19 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico variabile è stata considerata sollecitazione di base, con ciò dando origine a tanti



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 20 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento, sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

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

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

## 6. CRITERI GENERALI DI VERIFICA GEOTECNICA

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

$$\gamma_w x h_w$$

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

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

$\gamma_w$  = peso di volume falda

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

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

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

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

$c$  = coesione efficace dello strato di fondazione;

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 22 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

$s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori di forma della fondazione;

$d_c, d_q, d_\gamma$  = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

$i_c, i_q, i_\gamma$  = fattori di inclinazione del carico;

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

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

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

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

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

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

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

$\theta$  = inclinazione della risultante sulla verticale;

$D$  = profondità della fondazione.

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

$i_\gamma = 0$

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

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

Dove:

$Q_d$  : carico di Progetto in fondazione

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	23 di 116

## 7. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI SU FONDAZIONE

### DIRETTA

#### 7.1 SCHEMA DI CALCOLO

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

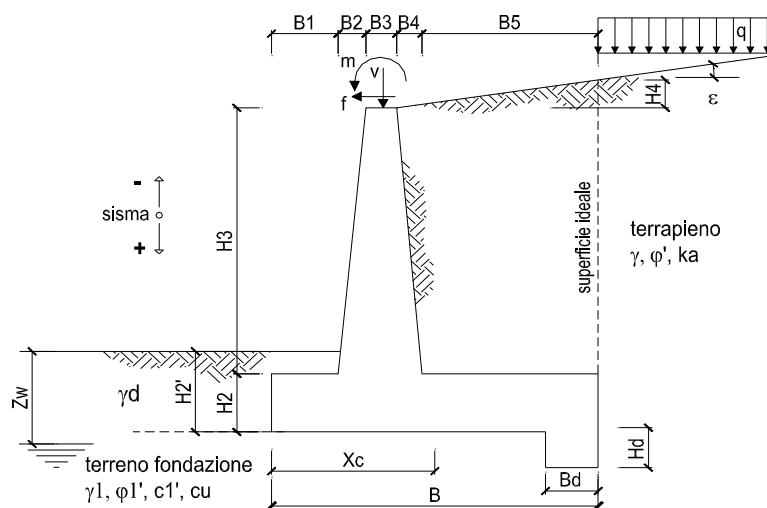


Figura 7.1 – Schema di calcolo

**OPERA** Hmuro = 7.20 m

**DATI DI PROGETTO:**

#### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	7.20	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.60	(m)

#### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	5.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3.40	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.50	(m)

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

Concio 1



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	24 di 116

**OPERA** Hmuro = 5.89 m

#### DATI DI PROGETTO:

##### **Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	5.89	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.40	(m)

##### **Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	4.20	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.80	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.10	(m)

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

#### Concio 2

**OPERA** Hmuro = 4.97 m

#### DATI DI PROGETTO:

##### **Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	4.97	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.40	(m)

##### **Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	3.80	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.90	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.40	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	1.90	(m)

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

#### Concio 3

**Figura 7.2 – Geometria muri**

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 25 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

## 7.2 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE PER FONDAZIONI DIRETTE

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

### CONCIO 1:

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P</sub> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	17.24
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P</sub> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.65	> 1.10	3.97	> 1.10	2.92	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.48	> 1.10	3.68	> 1.10	2.42	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.46	> 1.10	3.08	> 1.10	2.48	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	3.14	> 1.10	-	-	-

### CONCIO 2:

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P</sub> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	11.83
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap.P</sub> <sub>ort,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.59	> 1.10	3.86	> 1.10	3.31	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.47	> 1.10	3.77	> 1.10	2.91	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.46	> 1.10	3.16	> 1.10	2.99	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	3.04	> 1.10	-	-	-

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 26 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### CONCIO 3:

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap. Port,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	8.91
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S <sub>cr,Max</sub>	Ribaltamento	R <sub>ib,Max</sub>	Capacità portante	C <sub>ap. Port,Max</sub>	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R3	1.61	> 1.10	4.11	> 1.10	4.01	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.52	> 1.10	4.17	> 1.10	3.67	> 1.40	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.51	> 1.10	3.44	> 1.10	3.77	> 1.40	-
EQU+M2+R2	-	-	3.21	> 1.10	-	-	-

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia</b> <b>OPERE D'ARTE MINORI</b> Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733 Relazione tecnica e di calcolo							
	Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A

## 7.3 CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

### 7.3.1 Verifiche per gli stati limite ultimi

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

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

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

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

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

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

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 28 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 29 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

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

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

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

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

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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 30 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

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

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

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

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

**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	$\leq w_1$



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 31 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

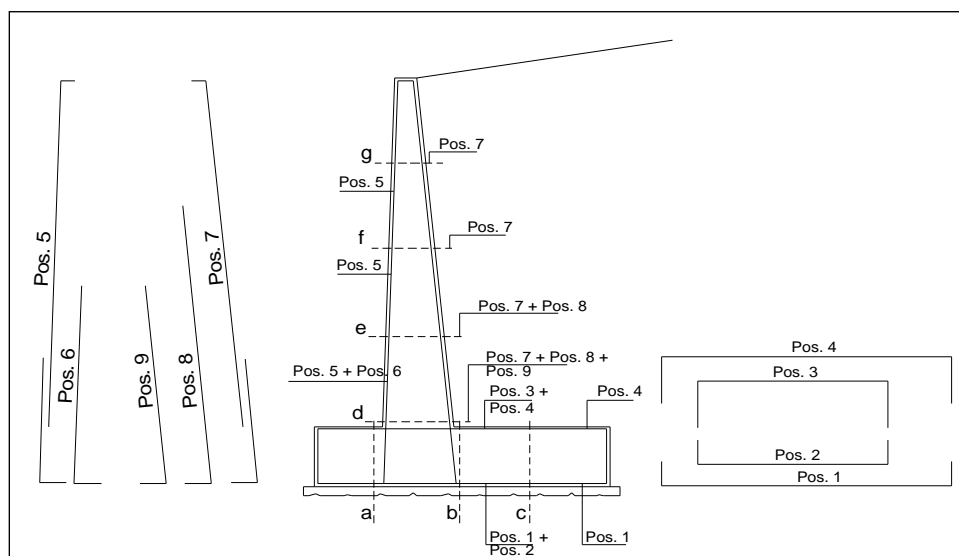
Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 32 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

## 7.4 RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI MURO

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

### SCHEMA DELLE ARMATURE



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

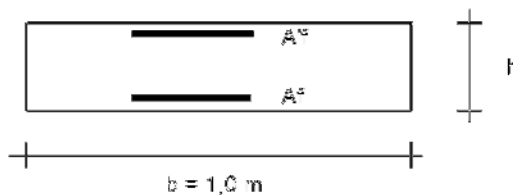
### 7.4.1 Concio 1

#### ARMATURE

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

Calcola

#### VERIFICHE



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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

##### SLU- A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-767.35	0.00	-287.13	1.10	31.42	15.71	1217.98	0.00	386.39
d - d	590.97	261.29	219.59	1.10	38.33	10.05	1592.15	261.29	412.03
e - e	364.20	197.91	68.22	0.90	38.33	10.05	1244.56	197.91	363.94

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-588.52	0.00	-180.40	1.10	31.42	15.71	1217.98	0.00	386.39
d - d	625.39	237.23	175.42	1.10	38.33	10.05	1581.72	237.23	412.03
e - e	365.46	177.84	3.07	0.90	22.62	10.05	775.33	177.84	363.94

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

Verifica a taglio sez. b-b			Verifica a taglio sez. d-d			Verifica a taglio sez. e-e		
Elementi senza armatura trasversale a taglio			Elementi senza armatura trasversale a taglio			Elementi senza armatura trasversale a taglio		
- Verifica del conglomerato			- Verifica del conglomerato			- Verifica del conglomerato		
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	386.39	kN	$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	412.03	kN	$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	363.94	kN
<b>VEd =</b>	<b>287.13</b>	<b>ok</b>	<b>VEd =</b>	<b>219.59</b>	<b>ok</b>	<b>VEd =</b>	<b>68.22</b>	<b>ok</b>
con:			con:			con:		
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.439	$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.439	$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.489	$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>
$V_{min} = 0,035 \cdot k \cdot \rho^{3/2} \cdot f_{ctk}^{1/2} =$	0.348	N/mm <sup>2</sup>	$V_{min} = 0,035 \cdot k \cdot \rho^{3/2} \cdot f_{ctk}^{1/2} =$	0.302	N/mm <sup>2</sup>	$V_{min} = 0,035 \cdot k \cdot \rho^{3/2} \cdot f_{ctk}^{1/2} =$	0.317	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>	$f_{ctk} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	$f_{ctk} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ctk} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00303	$\leq 0,02$	$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00370	$\leq 0,02$	$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00458	$\leq 0,02$
copriferro =	64.00	mm	copriferro =	64.00	mm	copriferro =	64.00	mm
d =	1036.00	mm	d =	1036	mm	d =	836	mm
H =	1100.00	mm	H =	1100.00	mm	H =	900.00	mm
bw =	1000	mm	bw =	1000	mm	bw =	1000	mm
A <sub>sl</sub> =	3142	mm <sup>2</sup>	A <sub>sl</sub> =	3833	mm <sup>2</sup>	A <sub>sl</sub> =	3833	mm <sup>2</sup>
N <sub>Ed</sub> =	0.00	kN	N <sub>Ed</sub> =	261.29	kN	N <sub>Ed</sub> =	197.91	kN
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.238	N/mm <sup>2</sup>	$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.220	N/mm <sup>2</sup>

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

##### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
b - b	-372.86	0.00	1.10	31.42	15.71	2.70	124.44	0.117	0.200
d - d	434.91	231.30	1.10	38.33	10.05	3.18	94.30	0.090	0.200
e - e	266.49	175.76	0.90	22.62	10.05	3.29	117.98	0.132	0.200

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 34 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

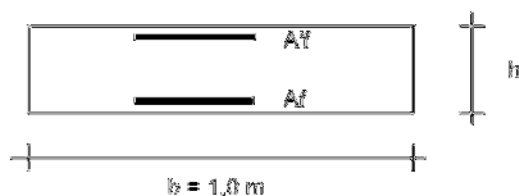
#### 7.4.2 Concio 2

##### ARMATURE

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

Calcola

##### VERIFICHE



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

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

##### SLU - A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-443.86	0.00	-202.78	1.00	25.76	15.71	905.41	0.00	343.74
d - d	341.18	181.47	152.34	0.90	25.76	10.05	873.27	181.47	320.35

#### 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)	(kN)
b - b	-326.00	0.00	-125.50	1.00	25.76	15.71	905.41	0.00	343.74
d - d	340.35	162.88	116.50	0.90	25.76	10.05	866.27	162.88	320.35

## 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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio sez. b-b				Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio				Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato				- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \alpha_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	343.74	kN		$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \alpha_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	320.35	kN	
<b>VEd =</b>	<b>202.78</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>	<b>VEd =</b>	<b>152.34</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>
con:				con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.462		$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.489		$\leq 2$
$Rck =$	40	N/mm <sup>2</sup>		$Rck =$	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.356	N/mm <sup>2</sup>		$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.317	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot Rck =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>		$f_{ck} = 0,83 \cdot Rck =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>		$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = Asl / (bw \cdot d) =$	0.00275		$\leq 0,02$	$\rho_1 = Asl / (bw \cdot d) =$	0.00307		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm		copriferro =	62.00	mm	
d =	938.00	mm		d =	838	mm	
H =	1000.00	mm		H =	900.00	mm	
bw =	1000	mm		bw =	1000	mm	
Asl =	2576	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 16	Asl =	2576	mm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 20
			5 $\phi$ 20				5 $\phi$ 16
<b>NEd =</b>	<b>0.00</b>	<b>kN</b>		<b>NEd =</b>	<b>181.47</b>	<b>kN</b>	
$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$	$\alpha_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.202	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

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

#### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
b - b	-217.70	0.00	1.00	25.76	15.71	1.99	97.54	0.096	0.200
d - d	249.50	161.11	0.90	25.76	10.05	2.93	98.19	0.096	0.200

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 36 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

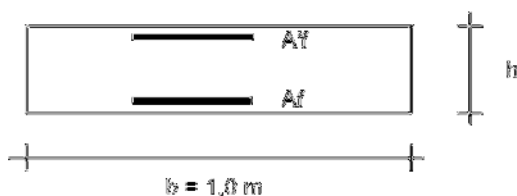
### 7.4.3 Concio 3

#### ARMATURE

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

Calcola

#### VERIFICHE



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

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

##### SLU - A1+M1

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-273.37	0.00	-148.05	0.90	15.71	15.71	498.82	0.00	275.33
d - d	222.01	148.34	115.67	0.90	15.71	10.05	556.88	148.34	270.87

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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-191.36	0.00	-89.61	0.90	15.71	15.71	498.82	0.00	275.33
d - d	209.57	131.88	85.12	0.90	15.71	10.05	550.46	131.88	270.87

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 37 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

Verifica a taglio sez. b-b				Verifica a taglio sez. d-d			
Elementi senza armatura trasversale a taglio				Elementi senza armatura trasversale a taglio			
- Verifica del conglomerato				- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	275.33	kN		$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot 1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	270.87	kN	
<b>VEd =</b>	<b>148.05</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>	<b>VEd =</b>	<b>115.67</b>	<b>kN</b>	<b>ok</b>
con:				con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.489		$\leq 2$	$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.489		$\leq 2$
$R_{ck} =$	40	N/mm <sup>2</sup>		$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.366	N/mm <sup>2</sup>		$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.317	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>		$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>		$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00187		$\leq 0,02$	$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00187		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm		copriferro =	62.00	mm	
d =	838.00	mm		d =	838	mm	
H =	900.00	mm		H =	900.00	mm	
bw =	1000	mm		bw =	1000	mm	
A <sub>sl</sub> =	1571	mm <sup>2</sup>	0    ϕ    0	A <sub>sl</sub> =	1571	mm <sup>2</sup>	5    ϕ    20
			5    ϕ    20				0    ϕ    0
<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	<b>0.00</b>	<b>kN</b>		<b>N<sub>Ed</sub> =</b>	<b>148.34</b>	<b>kN</b>	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$	$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.165	N/mm <sup>2</sup>	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

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

#### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
b - b	-131.95	0.00	0.90	15.71	15.71	1.74	107.40	0.142	0.200
d - d	161.43	132.18	0.90	15.71	10.05	2.26	93.00	0.121	0.200

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 38 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

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

Il calcolo dei muri viene eseguito secondo le seguenti fasi:

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

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

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

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

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 39 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

#### Modalità di presentazione dei risultati

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

#### Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 40 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

## 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.



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

#### OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 41 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### 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 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**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 42 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

## **ALLEGATO 1**

### **TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 1**

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

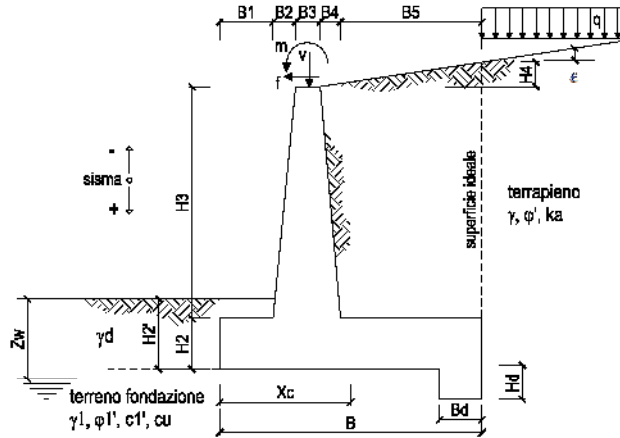
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	43 di 116



OPERA FONDO = 7.20 X

**DATI DI PROGETTO:**

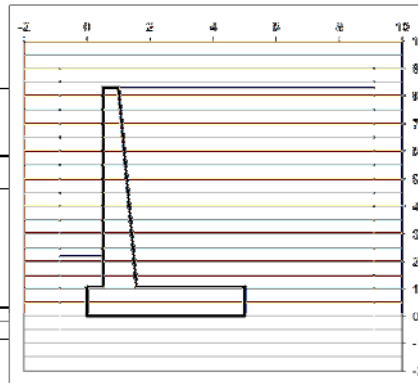
Geometria del Muro:

Elevazione	H3 =	7.20	[m]
Aspetto Valle	B2 =	0.00	[m]
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	[m]
Aspetto monte	B4 =	0.20	[m]

Geometria della Fondazione:

Larghezza Fondazione	B =	5.00	[m]
Spessore Fondazione	H2 =	1.10	[m]
Scalfo Lato Valle	B1 =	0.50	[m]
Scalfo Lato Monte	B5 =	3.40	[m]
Altezza dente	Hd =	0.00	[m]
Larghezza dente	Bd =	0.00	[m]
Mezzanota d'azione	Xc =	2.50	[m]

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



**Dati Geotecnici**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' = 35.00$ (°)	
	Peso Unità di Volum e del terrapieno	$\gamma' = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon = 0.00$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento (0.667* $\phi'$ )	$\delta_{muro} = 23.35$ (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup\ id} = 23.35$ (°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione	$c1' = 10.00$ (kPa)	
Dati Sismici	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ( $\tan\phi'_R = 0.85*\tan\phi'_f$ )	$\phi'_R = 21.63$ (°)	
	Peso Unità di Volum e del Terreno di Fondazione	$\gamma_f = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volum e del Rintero della Fondazione	$\gamma_d = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2' = 2.20 (m)	
	Profondità Falda	Zw = 0.00 (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	Hs = 10.00 (m)	
	Modulo di deformazione	E = 35000 (kN/m <sup>2</sup> )	
	Accelerazione sismica	$a_g/g = 0.220$ (-)	S = 1.38 (-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m = 0.31$ (-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	il muro ammette spostamenti? (si/no)
coefficiente sismico orizzontale	kh = 0.0944 (-)		
coefficiente sismico verticale	kV = 0.0472 (-)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka = 0.24 (-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ = 0.30 (-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- = 0.31 (-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp = 2.17 (-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ = 2.03 (-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- = 2.01 (-)	2.014

**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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	44 di 116

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

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

Dati	Descrizione	Valore	Unità
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\phi'$	= 35.00 (°)
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma'$	= 26.00 (kN/m <sup>3</sup> )
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\epsilon$	= 0.00 (°)
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	= 23.35 (°)
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{superf}$	= 23.35 (°)
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1'$	= 10.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\alpha_1'$	= 21.83 (°)
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	= 20.00 (kN/m <sup>3</sup> )
	Peso Unità di Volume del Riferito alla Fondazione	$\gamma_1'$	= 20.00 (kN/m <sup>3</sup> )
	Profondità Piano di Riferimento della Fondazione	$H_{R2}$	= 3.30 (m)
Coeff. di Stabilità	Profondità FNIA	$Z_{FN}$	= 0.00 (m)
	Coeff. Di Stabilità Attiva Statica sulla superficie ideale	$s_a$	= 0.24 [-]
	Coeff. Di Stabilità Attiva Statica sulla superficie ideale	$s_{a-s}$	= 0.35 [-]
	Coeff. Di Stabilità Attiva Statica sulla superficie ideale	$s_{a-s}$	= 0.31 [-]
	Coeff. Di Stabilità Passiva Statica in Fondazione	$s_p$	= 2.17 [-]
	Coeff. Di Stabilità Passiva Statica in Fondazione	$s_{p-s}$	= 2.03 [-]
	Coeff. Di Stabilità Passiva Statica in Fondazione	$s_{p-s}$	= 2.01 [-]

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

Condizioni	Descrizione	Valore	Unità
Condizioni Statiche	Sovraccarico Assoluto in condizioni statiche	$q$	= 30.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	$h$	= 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	$v$	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	$m$	= 0.00 (kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Assoluto in condizioni sismiche	$q_s$	= 0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	$h_s$	= 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	$v_s$	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	$m_s$	= 0.00 (kNm/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H^3 \cdot \gamma_s) / 2$	=	0.00 (kNm)
$Pm2 = (B3 \cdot H^3 \cdot \gamma_s) / 2$	=	90.00 (kNm)
$Pm3 = (B4 \cdot H^3 \cdot \gamma_s) / 2$	=	54.00 (kNm)
$Pm4 = (B1 \cdot H^2 \cdot \gamma_s)$	=	137.50 (kNm)
$Pm5 = (B4 \cdot H^3 \cdot \gamma_s)$	=	0.00 (kNm)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	281.50 (kNm)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P0)

$P01 = (B5 \cdot H^3 \cdot \gamma)$	=	489.80 (kNm)
$P02 = (0.5 \cdot B4 \cdot B3 \cdot H^3 \cdot \gamma)$	=	0.00 (kNm)
$P03 = (B4 \cdot H^3 \cdot \gamma) / 2$	=	43.20 (kNm)
$P0 = P01 + P02 + P03$	=	532.80 (kNm)

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

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 2/3 \cdot B3)$	=	87.50 (kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + 2/3 \cdot B4)$	=	84.80 (kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	343.75 (kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - B/2)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	416.05 (kNm/m)

- Terrapieno a tempo del muro

$Mt1 = P01 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.6 \cdot B5)$	=	1416.46 (kNm/m)
$Mt2 = P02 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4 + B5)$	=	0.00 (kNm/m)
$Mt3 = P03 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	85.48 (kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1501.94 (kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 45 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 218.89 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 60.86 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 174.04 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 48.39 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 86.74 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 24.12 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot (H2+H3+H4+Hd) / 3 - Hd = 481.52 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 433.68 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot (H2+H3+H4+Hd) / 2 - Hd = 200.82 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 120.58 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 925.15 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St_h + Sq_h + f = 222.43 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.65 \text{ (-)} > 1.1$$

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2706.47 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 682.33 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.97 \text{ (-)} > 1$$

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 925.15 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St_h + Sq_h + f - Sp = 222.43 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 2024.14 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 288.74 \text{ (kNm/m)}$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 46 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Fondazione Nastriforme

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

c1'	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kPa)
$\phi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	41.80	(kN/m <sup>2</sup> )
e = M / N	eccentricità	=	0.31	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	=	4.38	(m)

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

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

I valori di i<sub>c</sub>, i<sub>q</sub> e i <sub>$\gamma$</sub>  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.61	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.57	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		=	0.48	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

q <sub>lim</sub>	(carico limite unitario)	=	617.96	(kN/m <sup>2</sup> )
------------------	--------------------------	---	--------	----------------------

$$F = q_{lim} B^* / N = 2.92 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 47 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 2.1$

fcd = Rck /  $\gamma_m$ ,c = 14.11 (MPa)

###### Copriferro

s = 6.40 (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)

$\epsilon_{yk} = 0.19\%$

$\epsilon_{sk} = 7.500\%$

$\epsilon_{sd} = 0.750\%$

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI / SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

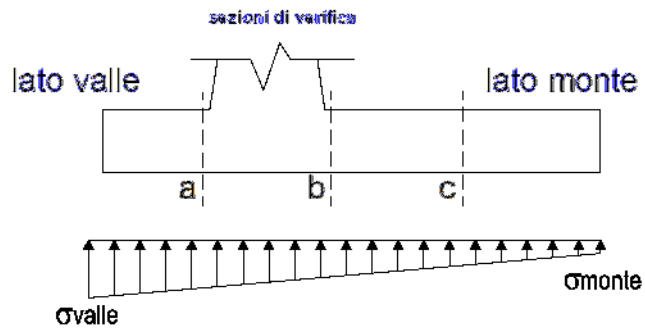
ovalle = N / A + M / Wgg

omonte = N / A - M / Wgg

A = 1.0\*B = 6.00 (m<sup>2</sup>)

Wgg = 1.0\*B<sup>2</sup>/6 = 4.17 (m<sup>3</sup>)

caso	N	M	ovalle	omonte
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	925.15	293.74	254.33	115.73

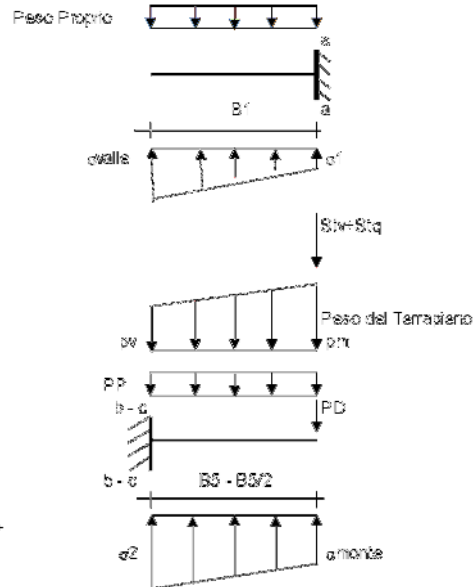


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio PP = 27.50 (kNm)

Ma =  $\sigma^2 * B^3 / 12 - (\sigma_{ovalle} - \sigma^2) * B^3 / 24 - PP * B^2 / 2 * (\sigma / \sigma^2)$

caso	ovalle	$\sigma^2$	Ma	Ta
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	254.33	240.47	27.78	109.95



###### Mensola Lato Monte

PP = 27.50 (kNm<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

$\sigma_m = 187.20$  (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_{pm} = 187.20$  (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_{sm} = 187.20$  (kN/m<sup>2</sup>)

$M_b = (\sigma_{omonte} * (\sigma_m - PP)) * (1/6) * B^3 / 2 - (\sigma_{2b} - \sigma_{omonte}) * B^3 / 6 - (\sigma_m - \sigma_{pm}) * (1/6) * B^3 / 3 - (\sigma_{1b} - \sigma_{pm}) * B^3 / 6 - PD * (1/6) * (B - Bd/2) * PD * (h^2 - H^2/2) - Ms_d - S * h^2 / 2$

$M_c = (\sigma_{omonte} * (\sigma_m - PP)) * (1/6) * (B/2)^3 / 2 - (\sigma_{2c} - \sigma_{omonte}) * (B/2)^3 / 6 - (\sigma_m - \sigma_{pm}) * (1/6) * (B/2)^3 / 3 - (\sigma_{1c} - \sigma_{pm}) * (B/2)^3 / 6 - PD * (1/6) * (B/2 - Bd/2) * PD * (h^2 - H^2/2) - Ms_d - S * h^2 / 2$

caso	omonte	$\sigma_{2b}$	Mb	$\sigma_{2c}$	Mc	Tb
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	115.73	209.98	-787.35	-82.96	-309.76	-297.13



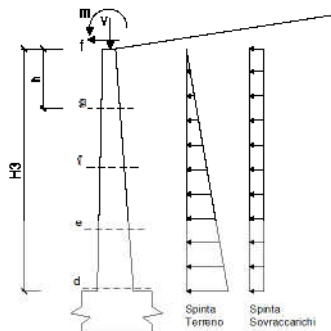
### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
**OPERE D'ARTE MINORI**  
 Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733  
 Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 48 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Sezioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-) Categoria di suolo
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)	0.280
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	
	Coef. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.28	(-)	0.388
	componente orizzontale	kah	=	0.247	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.13	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.34	(-)	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)	0.344
	componente verticale	kasv+	=	0.15	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.34	(-)	
	componente orizzontale	kash-	=	0.30	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.15	(-)		

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + \lambda) h^3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + \lambda) h^3 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_u = \frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 h^3$$

$$M_{est} = m + fh$$

$$M_{passivo} = \frac{1}{2} P m_1^2 kh \quad (\text{solo con sisma})$$

#### condizione statica

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + \lambda) h^2$$

$$N_q = K_{a,att} \cdot \gamma h^2$$

$$N_{est} = v$$

$$N_{passivo} = \frac{1}{2} P m_1^2 kh$$

sezione	h [m]	T1 [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>est</sub> [kN/m]	T <sub>est</sub> [kN/m]
d-d	7.20	168.29	53.30	0.00	218.59
e-e	5.40	89.54	29.97	0.00	132.51
f-f	3.60	41.57	28.68	0.00	68.22
g-g	1.80	10.39	13.32	0.00	23.72

#### condizione statica

sezione	h [m]	Rt [kN/m]	Mq [kNm/m]	R <sub>est</sub> [kN/m]	R <sub>est</sub> [kN/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>est</sub> [kN/m]	N <sub>est</sub> [kN/m]	N <sub>est</sub> [kN/m]
d-d	7.20	389.10	181.57	0.00	580.67	38.82	28.47	0.00	144.00	261.29
e-e	5.40	230.86	133.24	0.00	364.20	61.68	23.72	0.00	112.50	197.91
f-f	3.60	11.38	17.81	0.00	29.20	8.29	8.70	0.00	32.54	49.53
g-g	1.80	6.24	11.99	0.00	18.23	5.95	7.12	0.00	25.88	34.64

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

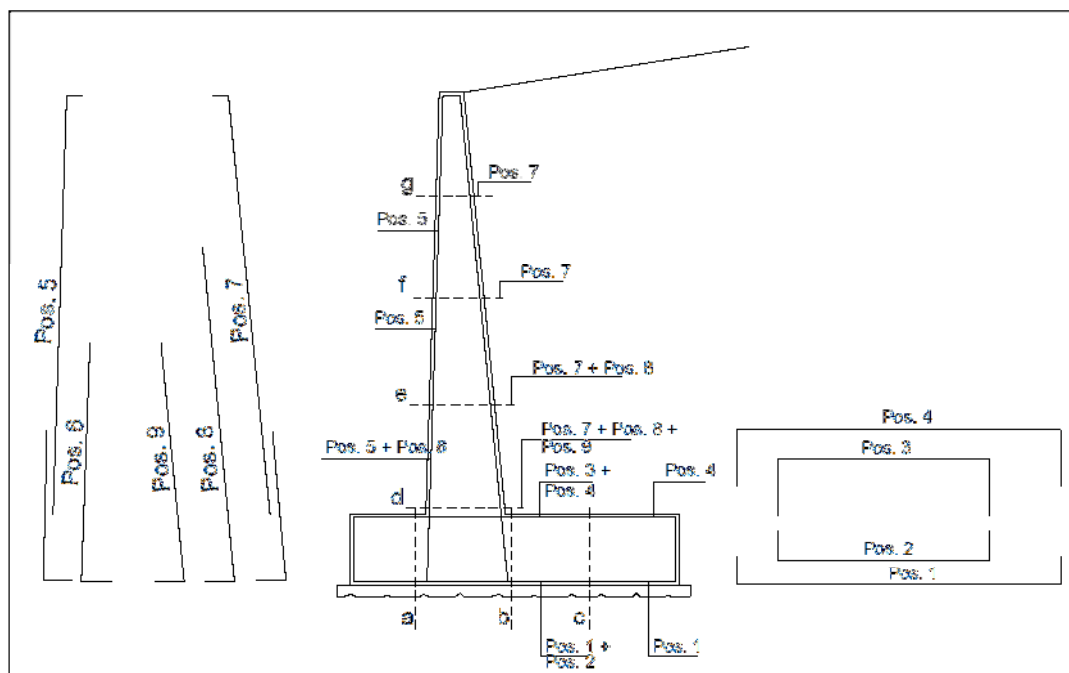
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 49 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

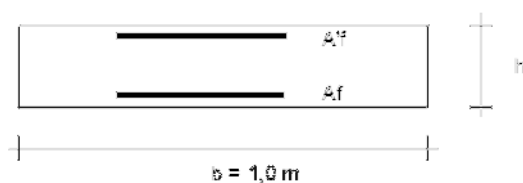


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



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

Sez.	Med (kNm)	Ned (kN)	Ted (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	Af' (cm <sup>2</sup> )	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
b - b	-787.35	0.00	-287.13	1.10	31.42	15.71	1217.98	0.00	388.30
d - d	560.97	281.20	219.59	1.10	38.33	10.05	1562.15	281.20	412.03
e - e	364.20	187.91	68.22	0.80	38.33	10.05	1244.56	187.91	363.94

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	50 di 116

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

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

Dati	Descrizione	Valore	Unità	Valore	Unità	Valore	Unità
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 Cuspide	α	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>terreno</sub>	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>superf</sub>	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ'	=	21.03	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>r</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rintorno della Fondazione	γ <sub>d</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H <sub>2</sub>	=	2.00	(m)		
	Profondità Falda	Z <sub>w</sub>	=	0.00	(m)		
Coefficienti di Sclinità	Coeff. di Sclinità Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normalità
	Coeff. Di Sclinità Attiva Sismica sulla superficie ideale	ka+s	=	0.30	(-)	0.280	
	Coeff. Di Sclinità Attiva Sismica sulla superficie ideale	ka-s	=	0.31	(-)	0.305	
	Coeff. Di Sclinità Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.158	
	Coeff. Di Sclinità Passiva Sismica in Fondazione	kp+s	=	2.03	(-)	2.025	
	Coeff. Di Sclinità Passiva Sismica in Fondazione	kp-s	=	2.01	(-)	2.014	

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

Condizioni Sismiche	Descrizione	Valore	Unità
	Sovresposta Accidentale in condizioni sismiche	qs	= 0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forze Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	ts	= 0.00 (kN/m)
	Forze Verticali in Testa in condizioni sismiche	vs	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	= 0.00 (kNm/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (P<sub>m</sub>)

$$\begin{aligned}
 P_{m1} &= (B^2 \cdot H \cdot \gamma_s) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_{m2} &= (B \cdot H \cdot \gamma_s) &= & 90.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_{m3} &= (B \cdot H^2 \cdot \gamma_s) / 2 &= & 54.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_{m4} &= (B \cdot H^2 \cdot \gamma_s) &= & 137.50 \text{ (kN/m)} \\
 P_{m5} &= (B \cdot H \cdot \gamma_s) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_m &= P_{m1} + P_{m2} + P_{m3} + P_{m4} + P_{m5} &= & 281.50 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P<sub>t</sub>)

$$\begin{aligned}
 P_{t1} &= (B \cdot H \cdot \gamma) &= & 450.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_{t2} &= (0.5 \cdot (B_4 + B_5) \cdot H \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_{t3} &= (B \cdot H \cdot \gamma) / 2 &= & 45.00 \text{ (kN/m)} \\
 P_t &= P_{t1} + P_{t2} + P_{t3} &= & 532.00 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (M<sub>m</sub>)

$$\begin{aligned}
 M_{m1} &= P_{m1} \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M_{m2} &= P_{m2} \cdot (B_1 + B_2 \cdot 0.5 \cdot B_3) &= & 87.50 \text{ (kNm/m)} \\
 M_{m3} &= P_{m3} \cdot (B_1 + B_2 + B_3 \cdot 1/3 \cdot B_4) &= & 64.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M_{m4} &= P_{m4} \cdot (B/2) &= & 343.75 \text{ (kNm/m)} \\
 M_{m5} &= P_{m5} \cdot (B - B_5/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M_m &= M_{m1} + M_{m2} + M_{m3} + M_{m4} + M_{m5} &= & 478.05 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 M_{t1} &= P_{t1} \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4 \cdot 0.5 \cdot B_5) &= & 1615.66 \text{ (kNm/m)} \\
 M_{t2} &= P_{t2} \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot (B_4 + B_5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 M_{t3} &= P_{t3} \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) &= & 60.46 \text{ (kNm/m)} \\
 M_t &= M_{t1} + M_{t2} + M_{t3} &= & 1676.16 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

## 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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	51 di 116

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$Sst1 = 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^{0.5} \cdot kas^+ = 215.98 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$Sst1h = Sst1 \cdot \cos \delta = 171.73 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Componente verticale condizione sismica +

$$Sst1v = Sst1 \cdot \sin \delta = 85.58 \quad (\text{kN/m})$$

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

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica +

$$MSst1 = Sst1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 475.12 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSst2 = Sst1v \cdot B = 427.92 \quad (\text{kN/m})$$

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

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

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

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 26.57 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$Ptsh = Pt \cdot kh = 50.29 \quad (\text{kN/m})$$

$$Ptsh = Pt \cdot kv = 25.15 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$MPs1 = kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs2 = kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) = 39.93 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs3 = kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) = 17.84 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs4 = kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) = 7.14 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs5 = -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) = 0.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPs = MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 = 64.90 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts1 = kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) - (B - B5 / 2) \cdot 0.5) = 140.95 \quad (\text{kNm/m})$$

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

$$MPts3 = kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3^2 / 2) - (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 20.18 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MPts = MPts1 + MPts2 + MPts3 = 161.13 \quad (\text{kNm/m})$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsh = 925.03 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 248.59 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.40 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.48 \quad (-) > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 2580.13 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPs + Mpts = 701.16 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.68 \quad (-) > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 52 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 925.03 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 248.59 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1878.98 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 433.60 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

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

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

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 20.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma d' H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 41.80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.47 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 4.06 \text{ (m)}$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.57 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.52 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1} = 0.43 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 552.02 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 2.42 \text{ (-)} > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	53 di 116

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas &= & 200.51 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos\delta &= & 159.43 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos\delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin\delta &= & 79.45 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin\delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) &= & 441.09 \quad (\text{kN/m}) \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 397.27 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSP &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 26.57 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 50.29 \quad (\text{kN/m}) \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & -25.15 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) &= & 39.93 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) &= & 17.84 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) &= & 7.14 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 64.90 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) &= & 293.45 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3^2/3)+(B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) &= & 27.93 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 321.38 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 868.61 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 236.29 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = tq_{\phi 1} = 0.40 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.46 \quad (-) > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 2549.48 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPs + MPts = 827.37 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.08 \quad (-) > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 54 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 868.61 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 236.29 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1722.11 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 449.41 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c_1' \text{ coesione terreno di fondaz.} = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\phi_1' \text{ angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.00 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 \text{ peso unità di volume terreno fondaz.} = 20.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 41.80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

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

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.97 \text{ (m)}$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cotg(\phi)))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.57 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.52 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cotg(\phi)))^{m+1} = 0.43 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 543.68 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 2.48 \text{ (-)} > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 55 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

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

##### Copriferro

c = 6.40 (cm)

##### Acciaio

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

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

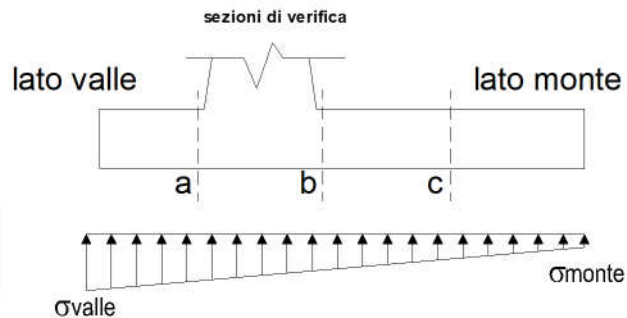
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

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

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

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
sisma+	925.03	433.60	289.07	80.94
sisma-	868.61	449.41	281.58	65.86

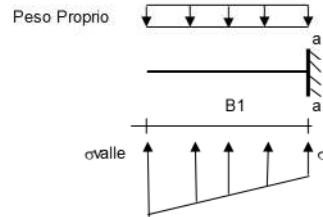


##### Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 27.50 (kN/m)

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

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	M <sub>a</sub>	T <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sisma+	289.07	268.26	31.67	124.93
sisma-	281.58	260.01	31.02	120.50



##### Mensola Lato Monte

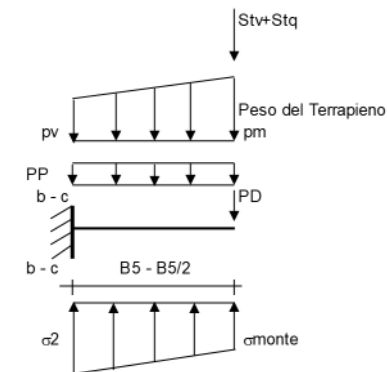
PP = 27.50 (kN/m<sup>2</sup>)  
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dente

pm = 144.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvb = 144.00 (kN/m<sup>2</sup>)  
 pvc = 144.00 (kN/m<sup>2</sup>)

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5/2)^2 / 2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B5/2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2 - Bd) / 2 - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2b$	M <sub>b</sub>	$\sigma_2c$	M <sub>c</sub>	T <sub>b</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sisma+	80.94	222.47	-588.52	151.71	-253.96	-180.40
sisma-	65.86	212.55	-551.33	139.21	-240.70	-161.73





### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

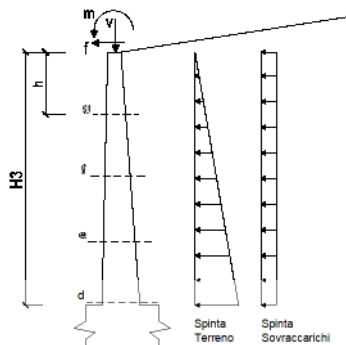
Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	56 di 116

#### CALCOLO SOLLETTAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_p/g$	=	0.22	(-)	S	1.38	(-)
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	Categoria di suolo		
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.0944	(-)			
	coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.0472	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.28	(-)	0.280		
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.247	(-)			
	componente verticale	$k_{av}$	=	0.13	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as+}$	=	0.34	(-)	0.338		
	componente orizzontale	$k_{ash+}$	=	0.30	(-)			
	componente verticale	$k_{asv+}$	=	0.16	(-)			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{as-}$	=	0.34	(-)	0.344			
componente orizzontale	$k_{ash-}$	=	0.30	(-)				
componente verticale	$k_{asv-}$	=	0.16	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a,0,22} \cdot \gamma^2 (1.2k) \cdot h^3 \quad \text{e} \quad \frac{1}{2} K_{a,0,31} \cdot \gamma^2 (1.2k) \cdot h^3 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a,0,22} \cdot q \cdot h^2$$

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

$$M_{terzo} = 2P \cdot h / k_h \quad \text{(solo con sisma)}$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	$M_t$ [kNm/m]	$M_q$ [kNm/m]	$M_{ext}$ [kNm/m]	$M_{terzo}$ [kNm/m]	$N_t$ [kN/m]	$N_c$ [kN/m]	$N_{ext}$ [kN/m]	$N_{est.terzo}$ [kN/m]	$N_{tot}$ [kN/m]
d-d	7.20	161.63	0.00	0.00	13.58	175.42				
e-e	6.00	112.98	0.00	0.00	10.62	123.00				
f-f	2.20	13.11	0.00	0.00	3.07	16.18				
g-g	1.80	10.11	0.00	0.00	2.44	12.58				

condizione sismica +

sezione	h [m]	$M_t$ [kNm/m]	$M_c$ [kNm/m]	$M_{ext}$ [kNm/m]	$M_{terzo}$ [kNm/m]	$M_{tot}$ [kNm/m]	$N_t$ [kN/m]	$N_c$ [kN/m]	$N_{ext}$ [kN/m]	$N_{est.terzo}$ [kN/m]	$N_{tot}$ [kN/m]
d-d	7.20	582.58	0.00	0.00	42.81	625.39	86.44	0.00	0.00	154.80	237.23
e-e	6.00	337.14	0.00	0.00	24.32	361.46	60.00	0.00	0.00	117.01	177.04
f-f	2.20	16.32	0.00	0.00	3.20	19.52	3.07	0.00	0.00	34.03	42.15

condizione sismica -

sezione	h [m]	$M_t$ [kNm/m]	$M_c$ [kNm/m]	$M_{ext}$ [kNm/m]	$M_{terzo}$ [kNm/m]	$M_{tot}$ [kNm/m]	$N_t$ [kN/m]	$N_c$ [kN/m]	$N_{ext}$ [kN/m]	$N_{est.terzo}$ [kN/m]	$N_{tot}$ [kN/m]
d-d	7.20	549.18	0.00	0.00	42.81	592.01	80.15	0.00	0.00	137.20	217.35
e-e	6.00	312.81	0.00	0.00	24.32	337.13	53.83	0.00	0.00	107.19	132.03
f-f	2.20	15.41	0.00	0.00	3.20	18.61	2.48	0.00	0.00	31.01	38.49
g-g	1.80	8.44	0.00	0.00	2.10	10.54	1.91	0.00	0.00	24.65	28.00

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

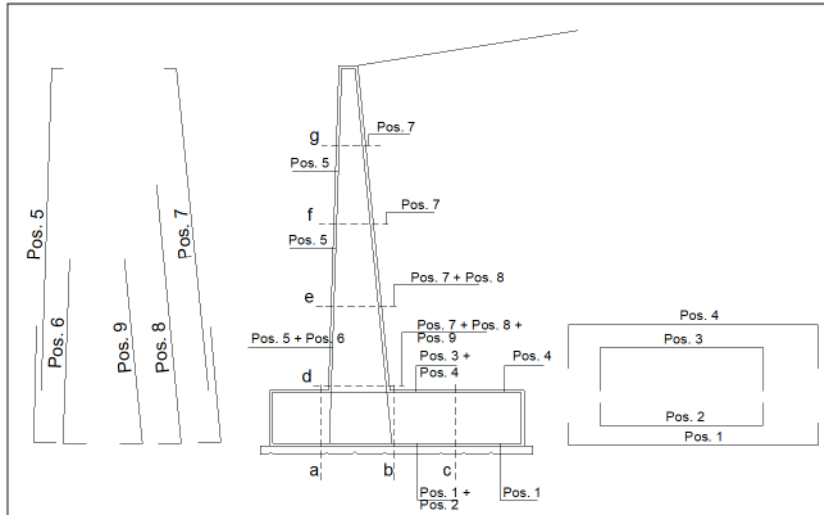
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 57 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

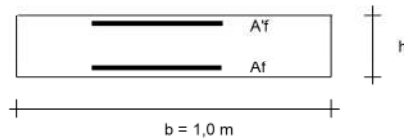


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-588.52	0.00	-180.40	1.10	31.42	15.71	1217.98	0.00	388.39
d - d	625.39	237.23	175.42	1.10	38.33	10.05	1581.72	237.23	412.03
e - e	365.46	177.84	3.07	0.90	22.62	10.05	775.33	177.84	363.94

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	58 di 116

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_r$		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	$\tan \varphi'$	$c'$	$c_u$	Cap. portante	Scorrimen- to	Res.Terren o Valle
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	<b>EQU+M2+R2</b>	<b>1.10</b>	<b>1.50</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>1.40</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati	Descrizione	Valore	Unità	Valore	Unità
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\varphi'$	=	29.26	(°)
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma$	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\alpha$	=	0.00	(°)
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro}$	=	19.51	(°)
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	19.51	(°)
Dati Terreno Fondazione	Coestione Terreno di Fondazione	$c_1'$	=	8.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\alpha_1'$	=	17.50	(°)
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1$	=	23.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Peso Unità di Volume del Riferimento della Fondazione	$\gamma_2$	=	23.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Profondità Piano di Posso della Fondazione	$H_2'$	=	2.20	(m)
Profondità Faldia	$Z_2$	=	3.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$K_a$	=	0.31	(-)
	Coeff. di Spinta Attiva Biondo sulla superficie ideale	$K_{aB}$	=	0.37	(-)
	Coeff. di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	$K_{aS}$	=	0.35	(-)
	Coeff. di Spinta Passiva in Fondazione	$K_p$	=	1.87	(-)
	Coeff. di Spinta Passiva Biondo in Fondazione	$K_{pB}$	=	1.74	(-)
	Coeff. di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	$K_{pS}$	=	1.72	(-)
				0.336	Valori di Normativa
				0.365	
				0.375	
				1.887	
				1.736	
				1.722	

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

Condizioni	Descrizione	Valore	Unità
Condizioni Statiche	Bovescapole Accelerata in condizioni statiche	$a$	= 0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	$h$	= 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	$v$	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	$m$	= 0.00 (kN/m)
Condizioni Sismiche	Bovescapole Accelerata in condizioni sismiche	$a_s$	= 0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	$h_s$	= 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	$v_s$	= 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	$m_s$	= 0.00 (kN/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H4 \cdot \gamma_{cls}) &= & 90.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2 &= & 54.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B1 \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 137.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm5 &= (B6 \cdot H1 \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 201.50 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 409.80 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2 &= & 43.20 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 662.80 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.375 \cdot B3) &= & 97.50 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 36.80 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 343.75 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - B/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 478.05 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.375 \cdot B5) &= & 1615.88 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 40.48 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 1656.36 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

## 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

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 59 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 231.90 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 76.20 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 189.30 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 62.20 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 77.46 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 25.45 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 523.72 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 387.31 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 258.13 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 127.27 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2451.57 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 781.85 \text{ (kNm/m)}$$

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	60 di 116

		coefficienti parziali									
		caso	azioni			proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res.Terren o Valle	
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
SLU	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
def.	●	SLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

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

Dati	Terapieno		=		
Dati Terapieno	Angolo di attrito del terriapeno	φ'	=	35.00	(°)
	Peso Unità di Volume del terriapeno	γ'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	23.35	(°)
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	23.35	(°)
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	21.83	(°)
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Peso Unità di Volume del Rintorno della Fondazione	γ <sub>0</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Profondità Piano di Poso della Fondazione	H <sub>2</sub> '	=	3.20	(m)
	Profondità Falda	Z <sub>2</sub>	=	0.00	(m)
Coefficienti di Sclite	Coeff. di Sclite Attiva sulla superficie ideale	α <sub>0</sub>	=	0.24	(-)
	Coeff. Di Sclite Attiva Statica sulla superficie ideale	α <sub>0s</sub>	=	0.20	(-)
	Coeff. Di Sclite Attiva Statica sulla superficie ideale	α <sub>0s</sub>	=	0.31	(-)
	Coeff. Di Sclite Passiva in Fondazione	α <sub>1p</sub>	=	2.17	(-)
	Coeff. Di Sclite Passiva Statica in Fondazione	α <sub>1ps</sub>	=	2.03	(-)
	Coeff. Di Sclite Passiva Statica in Fondazione	α <sub>1ps</sub>	=	2.01	(-)

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

Condizioni Sclite			=		
Condizioni Sclite	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	q <sub>s</sub>	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	f <sub>s</sub>	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	v <sub>s</sub>	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	m <sub>s</sub>	=	0.00	(kNm/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (P<sub>m</sub>)

Pm1 = (B2'-B3')y2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 = (B3'-B3'c)γ	=	90.00	(kN/m)
Pm3 = (B4'-B3'c)γ2	=	54.00	(kN/m)
Pm4 = (B3'-B2'c)γ	=	137.50	(kN/m)
Pm5 = (B3'c-B3'c)γ	=	0.00	(kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	281.50	(kN/m)

- Peso del terreno sulla occup. di monte del muro (P<sub>t</sub>)

Pt1 = (B5'-B3'γ)	=	488.80	(kN/m)
Pt2 = (0,5'(B4+B5)H4'γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 = (B4-H3'γ)2	=	43.20	(kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	532.80	(kN/m)

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

- Muro (M<sub>w</sub>)

Mw1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mw2 = Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	=	87.50	(kNm/m)
Mw3 = Pm3*(B1+B2+3/3+B4)	=	84.80	(kNm/m)
Mw4 = Pm4*(B/2)	=	343.75	(kNm/m)
Mw5 = Pm5*(B - B/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mw = Mw1 + Mw2 + Mw3 + Mw4 + Mw5	=	476.05	(kNm/m)

- Terapieno a fango del muro

Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	1815.85	(kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	80.48	(kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	1878.16	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

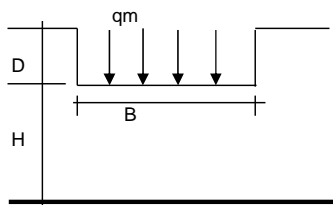
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 61 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	2.20	(m)
	D/B*	0.50	(m)
	H/B*	2.26	(m)
Carico unitario medio (qm)	qm = N / (B - 2*e) = N / B*	202.83	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.938	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.72	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	17.24	(mm)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 62 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	90.00	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	54.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	137.50	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	281.50	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	=	489.60	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma') / 2$	=	43.20	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	532.80	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	67.50	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	64.80	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	343.75	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	476.05	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	1615.68	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	60.48	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	1676.16	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 168.37 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 40.57 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 133.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 32.26 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 66.72 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 16.08 \quad (\text{kN/m})$$

Spinta passiva sul dente

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

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

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 370.40 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 333.60 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 133.88 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 80.39 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 897.10 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 2566.20 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 504.28 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 2061.92 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 180.82 \quad (\text{kNm/m})$$



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 64 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

#### CALCOLI STATICI

##### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

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

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

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

c = 6.40 (cm)

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

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

##### Valore limite di apertura delle fessure

w<sub>1</sub> = 0.2

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

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

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

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

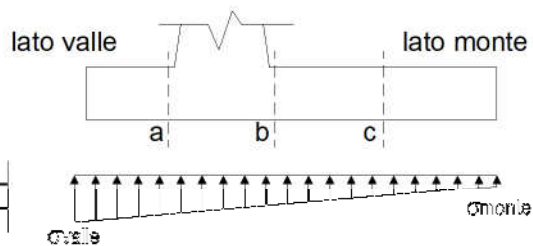
$$\sigma_{valle} = N/A + M/W_{gg}$$

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

A = b\*h = 5.00 (m<sup>2</sup>)

W<sub>gg</sub> = b\*h<sup>2</sup>/6 = 4.17 (m<sup>3</sup>)

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	857.10	138.82	222.82	138.02

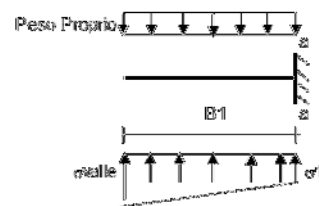


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

P<sub>P</sub> = 27.50 (kNm) peso proprio soletta fondazione

$$M_a = \sigma_{valle} * B_1^2/2 + (\sigma_{valle} - \sigma_{monte}) * B_1^3/6 - P_P * B_1^2/2$$

caso	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kNm]
statico	222.82	138.02	24.05



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

P<sub>P</sub> = 27.50 (kNm) peso proprio soletta fondazione

P<sub>D</sub> = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

p<sub>m</sub> = 144.00 (kN/m<sup>2</sup>)

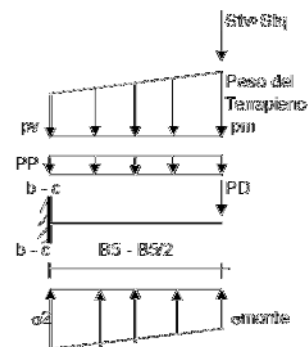
p<sub>vb</sub> = 144.00 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>vc</sub> = 144.00 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} * (p_{vb} + P_P) * (1/2) * B_1^2/2 + (\sigma_{vb} - \sigma_{monte}) * B_1^3/6 - (p_m - p_{vb}) * (1/2) * B_1^2/3 - (P_P + P_D) * B_1 - (1/2) * (B_1/2 - B_1/2) * P_D * (1/2) * (1/2) * (1/2) + \sigma_{monte} * B_1^2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} * (p_{vc} + P_P) * (1/2) * B_1^2/2 + (\sigma_{vc} - \sigma_{monte}) * B_1^3/6 - (p_m - p_{vc}) * (1/2) * (B_1/2)^2/3 - (P_P + P_D) * B_1 - (1/2) * (B_1/2 - B_1/2) * P_D * (1/2) * (1/2) * (1/2) + \sigma_{monte} * B_1^2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{vb}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>b</sub> [kNm]	$\sigma_{vc}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>c</sub> [kNm]
statico	138.02	138.04	-372.88	165.53	-177.81



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

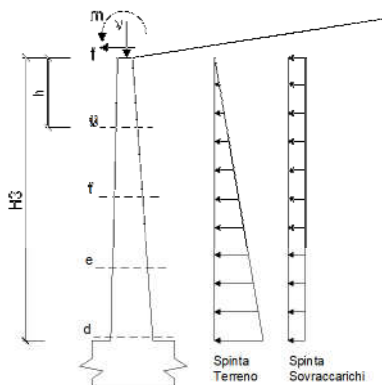
Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	65 di 116

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

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



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S = 1.38 Categoria di suolo
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta$	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no				
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)	0.280
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.28	(-)	0.338
	componente orizzontale	kah	=	0.25	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.13	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.34	(-)	0.344
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.16	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.34	(-)	0.344	
componente orizzontale	kash-	=	0.30	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.16	(-)		

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

#### condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	Nt	Nq	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.20	307.00	127.92	0.00	434.91	68.33	18.98	0.00	144.00	231.30
e-e	6.00	177.66	88.83	0.00	266.49	47.45	15.82	0.00	112.50	175.76
f-f	2.20	8.76	11.94	0.00	20.70	6.38	5.80	0.00	32.54	44.72

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

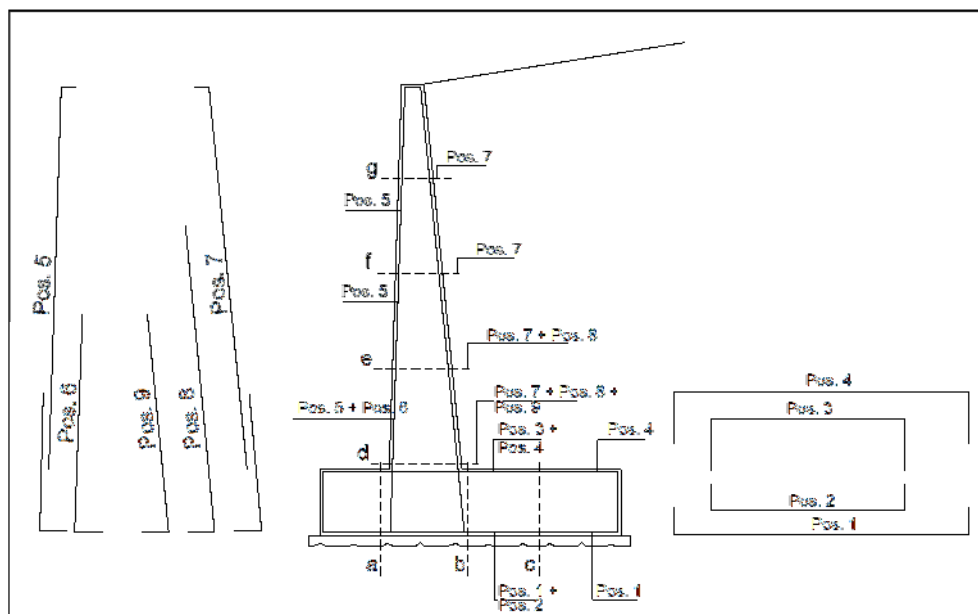
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 66 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

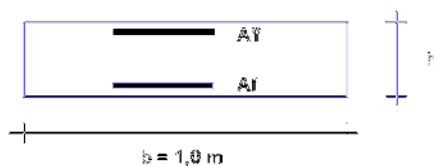


### ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	5.0	0	6	0.0	0
3	5.0	20	7	6.0	24
4	5.0	20	8	6.0	20
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



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

### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	AT	AI	σ <sub>s</sub>	σ <sub>c</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>lim</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
b - b	-372.86	0.00	1.10	31.42	15.71	2.70	124.44	0.117	0.200
d - d	434.91	231.30	1.10	38.33	10.05	3.18	94.30	0.060	0.200
e - e	266.48	175.76	0.80	22.52	10.05	3.29	117.96	0.132	0.200

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



**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

### **2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

**OPERE D'ARTE MINORI**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 67 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

## **ALLEGATO 2**

### **TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 2**

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

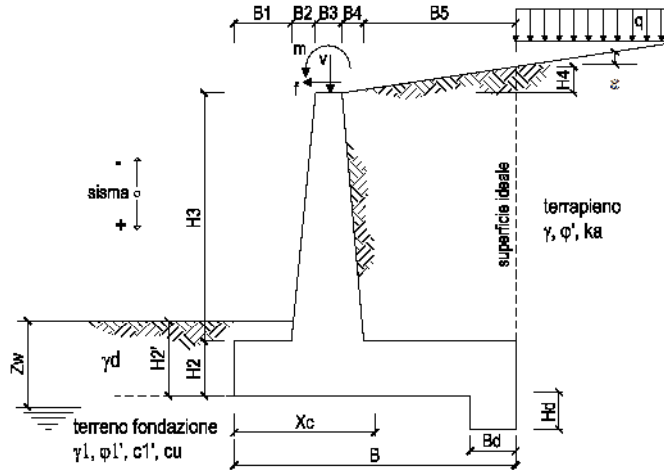
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 68 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------



OPERA Hmax = 5.50 m

#### DATI DI PROGETTO:

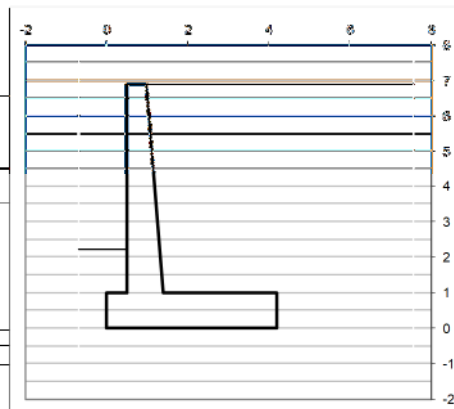
##### Geometria del Muro

Essenzione	B3 =	5.50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.50	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto Monte	B4 =	2.43	(m)

##### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.20	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.80	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzera Sezione	Xc =	2.10	(m)

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



#### Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno $\phi' = 35.00$ (°)	Peso Unità di Volum del terrapieno $\gamma = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna $\varepsilon = 0.00$ (°)	Angolo di attrito terreno-paramento $\delta_{muro} = 23.35$ (°)	Angolo di attrito terreno-superficie ideale $\delta_{sup. id} = 23.35$ (°)
Dati Terreno Fondazione	Condizioni <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	Coesione Terreno di Fondazione $c' = 10.00$ (kPa)	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione $(\tan \phi'_r = 0.85 \cdot \tan \phi'_s)$ $\phi'_r = 21.63$ (°)	Peso Unità di Volum del Terreno di Fondazione $\gamma_t = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Unità di Volum del Rinterro della Fondazione $\gamma_d = 20.00$ (kN/m <sup>3</sup> )
Dati Sismici	Accelerazione sismica $a/g = 0.220$ (-)	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b> $\beta_m = 0.31$ (-)	il muro è libero di ruotare al piede? (sì/no) <input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no	il muro ammette spostamenti? (sì/no) <input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no	$\beta_m =$ Var.
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva su superficie ideale $k_a = 0.244$ (-)	Coeff. di Spinta Attiva Sismica su superficie ideale e sisma + $k_{a+s} = 0.299$ (-)	Coeff. di Spinta Attiva Sismica su superficie ideale e sisma - $k_{a-s} = 0.306$ (-)	Coeff. di Spinta Passiva in Fondazione $k_p = 2.17$ (-)	Coeff. di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma + $k_{p+s} = 2.628$ (-)
		Coeff. di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma - $k_{p-s} = 2.614$ (-)			

#### Condotti Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche $q = 20.00$ (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche $t = 0.00$ (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 $q_s = 0.00$ (kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche $t_s = 0.00$ (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)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	69 di 116

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res.Terreno Valle
								γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>
SLU	<input checked="" type="radio"/>	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40
	<input type="radio"/>	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	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	φ <sub>muro</sub>	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	φ <sub>sup. id.</sub>	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	21.63	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ <sub>d</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	2.20	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

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

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

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	(B2*H3*γ <sub>cis</sub> )/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	(B3*H3*γ <sub>cis</sub> )	=	73.63	(kN/m)
Pm3 =	(B4*H3*γ <sub>cis</sub> )/2	=	29.45	(kN/m)
Pm4 =	(B*H2*γ <sub>cis</sub> )	=	105.00	(kN/m)
Pm5 =	(Bd*Hd*γ <sub>cis</sub> )	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	208.08	(kN/m)

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

Pt1 =	(B5*H3*γ)	=	329.84	(kN/m)
Pt2 =	(0.5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	(B4*H3*γ)/2	=	29.45	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	359.29	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	Pm1*(B1+2/3*B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	55.22	(kNm/m)
Mm3 =	Pm3*(B1+B2+B3+1/3*B4)	=	33.98	(kNm/m)
Mm4 =	Pm4*(B/2)	=	233.50	(kNm/m)
Mm5 =	Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	322.70	(kNm/m)

- Terrapieno a Carico del muro

Mt1 =	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	928.65	(kNm/m)
Mt2 =	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	29.45	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	958.10	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 70 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 150.83 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 50.52 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 119.93 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 40.17 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 59.77 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 20.02 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione statica

$$MSt1 = St \cdot h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 275.44 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = St \cdot v \cdot B = 251.04 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sq \cdot h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 138.38 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sq \cdot v \cdot B = 84.08 \text{ (kN/m)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 641.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 160.10 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.59 \text{ (-)} > 1.1$$

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1597.61 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 413.83 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.86 \text{ (-)} > 1$$

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 641.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f - Sp = 160.10 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1183.78 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 162.88 \text{ (kNm/m)}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 71 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kPa)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	=	41.80	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.25	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.69	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.60	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.56	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		=	0.47	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	575.41	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	---	--------	----------------------

$$F = q_{lim} B^* / N = 3.31 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 72 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 2.1$

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

###### Copri ferro

c = 8.20 (cm)

###### Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

fyd = fyk /  $\gamma_S$  /  $\gamma_E$  = 391.30 (MPa)

Es = 210000 (MPa)

$\epsilon_{yk} = 0.19\%$

$\epsilon_{sk} = 7.500\%$

$\epsilon_{yk} = 8.750\%$

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

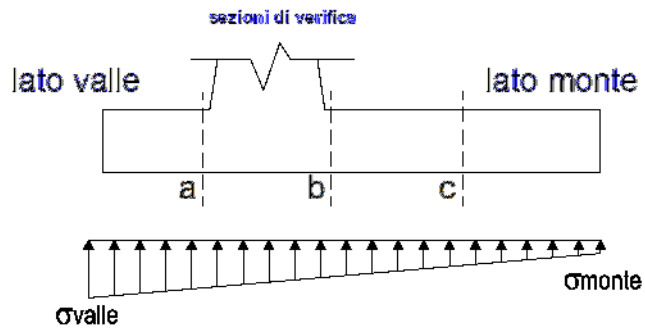
$$q_{valle} = N/A + M/W_{gg}$$

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

A = 1.07B = 4.28 (m<sup>2</sup>)

W<sub>gg</sub> = 1/3 \* B<sup>2</sup>/6 = 2.34 (m<sup>3</sup>)

caso	N	M	q <sub>valle</sub>	q <sub>monte</sub>
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	641.38	182.06	206.00	97.28



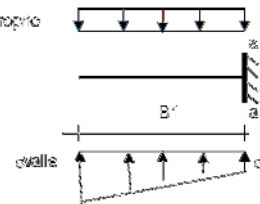
###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio PP = 26.00 (kNm)

$$M_a = q_{valle} * B^2/2 - (q_{valle} - q_1) * B^2/3 - PP * B^2/2 * (1 + q_1/q_{valle})$$

caso	q <sub>valle</sub>	q <sub>1</sub>	M <sub>a</sub>	T <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	206.00	184.89	22.34	88.24

Peso Proprio



###### Mensola Lato Monte

PP = 26.00 (kNm<sup>2</sup>)

PD = 0.00 (kN/m)

q<sub>1</sub> = 153.14 (kN/m<sup>2</sup>)

q<sub>2</sub> = 153.14 (kN/m<sup>2</sup>)

q<sub>3</sub> = 153.14 (kN/m<sup>2</sup>)

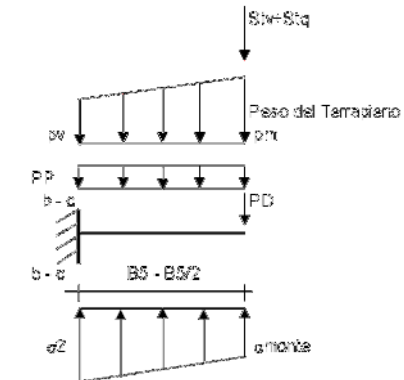
peso proprio soletta fondazione

peso proprio dente

$$M_b = (q_{monte} - q_1) * B^2/2 - (q_2 - q_{monte}) * B^2/6 - (q_1 - q_2) * (1 + q_1/q_{monte}) * B^2/3 - (S_1 - S_2) * B * PD * (1 + q_1/q_{monte}) * (B/2 - B_0/2) - PD * h * (H_1 - H_2/2) - M_s - S * h^2/2$$

$$M_c = (q_{monte} - q_3) * B^2/2 - (q_2 - q_{monte}) * B^2/6 - (q_1 - q_2) * (1 + q_1/q_{monte}) * B^2/3 - (S_1 - S_3) * (B/2) * PD * (1 + q_1/q_{monte}) * (B/2 - B_0/2) - PD * h * (H_1 - H_2/2) - M_s - S * h^2/2$$

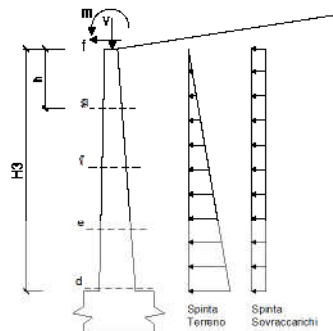
caso	q <sub>monte</sub>	q <sub>2</sub> b	M <sub>b</sub>	q <sub>2</sub> c	M <sub>c</sub>	T <sub>b</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	97.28	171.13	-443.66	134.22	-176.88	-202.79



Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 73 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

Sezioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a/g$	=	0.22	(-)	S 1.38 (-)
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)	0.273
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	
	Coef. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.27	(-)	0.331
	componente orizzontale	kah	=	0.243	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.12	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.33	(-)	0.337
	componente orizzontale	kash+	=	0.29	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.15	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.34	(-)	0.337
	componente orizzontale	kash-	=	0.30	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.15	(-)		

$M_t = \frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + kh) h^3$       o  $\frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + kh) h^3$  (con sisma)

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

$M_{act} = m + fh$

$M_{passivo} = \frac{1}{2} P m_1^2 kh$  (solo con sisma)

condizione statica

$N_t = \frac{1}{2} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + kh) h^2$

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

$N_{act} = v$

$N_{passivo} = \frac{1}{2} P m_1^2 kh$

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>act</sub> [kN/m]	T <sub>pass</sub> [kN/m]
d-d	5.98	103.45	42.83	0.00	152.34
e-e	4.42	51.57	32.15	0.00	93.73
f-f	2.96	27.35	21.44	0.00	48.80
g-g	1.47	6.84	10.72	0.00	17.56

condizione statica

sezione	h [m]	Rt [kN/m]	Mq [kNm/m]	E <sub>act</sub> [kN/m]	E <sub>pass</sub> [kN/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>act</sub> [kN/m]	N <sub>pass</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	5.98	214.98	126.28	0.00	341.18	55.32	22.67	0.00	153.08	181.47
e-e	4.42	90.66	71.04	0.00	151.70	31.68	16.55	0.00	71.78	120.02
f-f	2.96	26.95	31.57	0.00	58.43	14.08	11.03	0.00	34.18	69.28
g-g	1.47	8.36	7.89	0.00	11.25	3.82	5.52	0.00	20.25	29.28

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

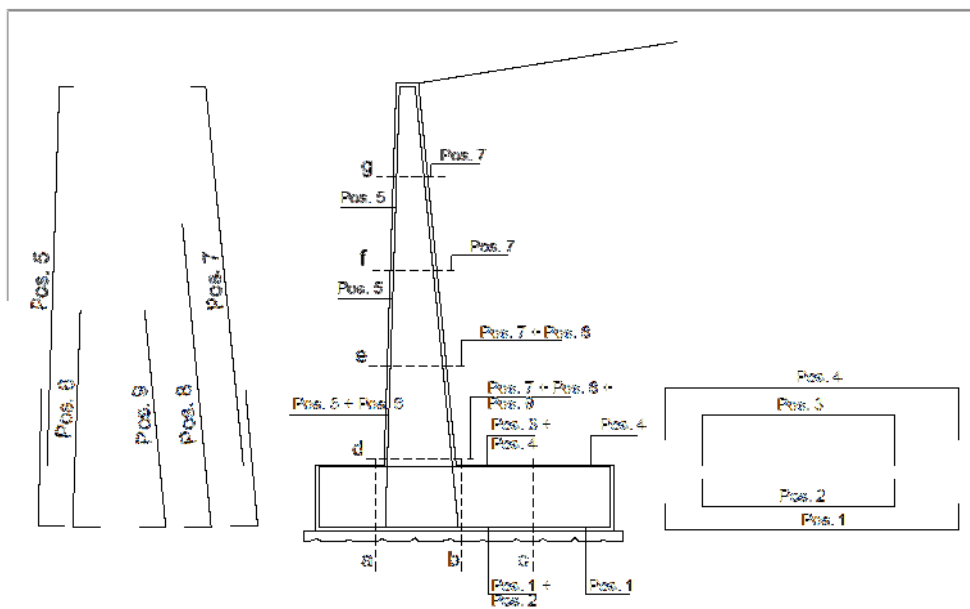
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 74 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

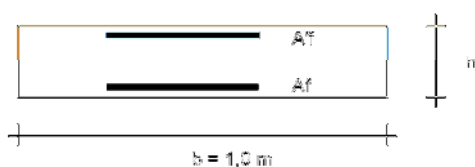


#### ARMATURE

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

Calcola

#### VERIFICHE



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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	At (cm <sup>2</sup> )	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
b - b	-443.86	0.00	-202.78	1.00	25.76	15.71	805.41	0.00	343.74
d - d	341.18	181.47	152.34	0.90	25.76	10.05	673.27	181.47	320.35

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	75 di 116

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res.Terren o Valle
γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>							γ <sub>R</sub>		
SLU	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input type="radio"/>	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input checked="" type="radio"/>	<b>Sismica+M1+R3</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.40</b>	<b>1.10</b>	<b>1.40</b>
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>medio</sub>	=	23.33	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>superf</sub>	=	23.33	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c' <sub>f</sub>	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ' <sub>f</sub>	=	21.03	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>f</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Riferimento della Fondazione	γ <sub>rd</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Peso della Fondazione	H/2	=	2.20	(m)		
Profondità Falda	Z <sub>fw</sub>	=	0.00	(m)			
Coefficienti di Spinta	Costi di Spinta Attiva sulla superficie ideale	k <sub>a</sub>	=	0.24	(-)	0.244	Valori di riferimento
	Costi Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	k <sub>a+s</sub>	=	0.30	(-)	0.298	
	Costi Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	k <sub>a-s</sub>	=	0.31	(-)	0.305	
	Costi Di Spinta Passiva in Fondazione	k <sub>p</sub>	=	2.17	(-)	2.162	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	k <sub>p+s</sub>	=	2.03	(-)	2.029	
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	k <sub>p-s</sub>	=	2.01	(-)	2.014		

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

Carichi Sismici	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	q <sub>s</sub>	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forze Orizzontali in Testa in condizioni sismiche	f <sub>e</sub>	=	0.00	(kN/m)
	Forze Verticali in Testa in condizioni sismiche	v <sub>e</sub>	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	m <sub>e</sub>	=	0.00	(kN/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (P<sub>m</sub>)

P <sub>m1</sub> = (82*H <sup>2</sup> )/2	=	0.00	(kN/m)
P <sub>m2</sub> = (80*H <sup>2</sup> )/2	=	70.00	(kN/m)
P <sub>m3</sub> = (84*H <sup>2</sup> )/2	=	28.45	(kN/m)
P <sub>m4</sub> = (8*H <sup>2</sup> )/2	=	105.00	(kN/m)
P <sub>m5</sub> = (80*H <sup>2</sup> )/2	=	0.00	(kN/m)
P <sub>m</sub> = P <sub>m1</sub> + P <sub>m2</sub> + P <sub>m3</sub> + P <sub>m4</sub> + P <sub>m5</sub>	=	208.08	(kN/m)

- Peso del terreno sulla escava di fronte del muro (P<sub>t</sub>)

P <sub>t1</sub> = (85*H <sup>2</sup> )/2	=	328.84	(kN/m)
P <sub>t2</sub> = (8.5*(84+85*H)/2)	=	0.00	(kN/m)
P <sub>t3</sub> = (84*H <sup>2</sup> )/2	=	23.58	(kN/m)
P <sub>t</sub> = P <sub>t1</sub> + P <sub>t2</sub> + P <sub>t3</sub>	=	352.40	(kN/m)

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

- Muro (M<sub>m</sub>)

M <sub>m1</sub> = P <sub>m1</sub> *(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
M <sub>m2</sub> = P <sub>m2</sub> *(B1+B2+0.5*B3)	=	65.22	(kNm/m)
M <sub>m3</sub> = P <sub>m3</sub> *(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	33.38	(kNm/m)
M <sub>m4</sub> = P <sub>m4</sub> *(B2)	=	220.50	(kNm/m)
M <sub>m5</sub> = P <sub>m5</sub> *(B - B <sub>0</sub> /2)	=	0.00	(kNm/m)
M <sub>m</sub> = M <sub>m1</sub> + M <sub>m2</sub> + M <sub>m3</sub> + M <sub>m4</sub> + M <sub>m5</sub>	=	309.10	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

M <sub>t1</sub> = P <sub>t1</sub> *(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	923.55	(kNm/m)
M <sub>t2</sub> = P <sub>t2</sub> *(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
M <sub>t3</sub> = P <sub>t3</sub> *(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	29.84	(kNm/m)
M <sub>t</sub> = M <sub>t1</sub> + M <sub>t2</sub> + M <sub>t3</sub>	=	953.39	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	76 di 116

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1 &= 0,5 \cdot \gamma \cdot (1+k_v) \cdot (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot k_{as}^+ &= & 148.83 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq1 &= q_s \cdot (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot k_{as}^+ &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1h &= Sst1 \cdot \cos \delta &= & 118.34 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq1h &= Ssq1 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1v &= Sst1 \cdot \sin \delta &= & 58.98 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq1v &= Ssq1 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica +

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst1h \cdot ((H_2+H_3+H_4+H_d)/3-H_d) &= & 271.79 \quad (\text{kN/m}) \\ MSst2 &= Sst1v \cdot B &= & 247.70 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq1 &= Ssq1h \cdot ((H_2+H_3+H_4+H_d)/2-H_d) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq2 &= Ssq1v \cdot B &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSP &= \gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 19.64 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$\begin{aligned} Pts_h &= P_t \cdot kh &= & 33.36 \quad (\text{kN/m}) \\ Pts_v &= P_t \cdot kv &= & 16.68 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot P_m \cdot 1 \cdot (H_2+H_3/3) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs2 &= kh \cdot P_m \cdot 2 \cdot (H_2 + H_3/2) &= & 27.42 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs3 &= kh \cdot P_m \cdot 3 \cdot (H_2+H_3/3) &= & 8.24 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs4 &= kh \cdot P_m \cdot 4 \cdot (H_2/2) &= & 4.96 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs5 &= -kh \cdot P_m \cdot 5 \cdot (H_d/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 40.61 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot P_t \cdot 1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5) &= & 79.23 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts2 &= kh \cdot P_t \cdot 2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts3 &= kh \cdot P_t \cdot 3 \cdot ((H_2+H_3^2/3) - (B_1+B_2+B_3+2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5) &= & 9.18 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 88.41 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$\begin{aligned} Mfext1 &= m_s &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ Mfext2 &= fs \cdot (H_3 + H_2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ Mfext3 &= vs \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 637.13 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Pts_h = 171.34 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.40 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + Sp) / T = 1.47 \quad (-) > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1510.19 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPs + MPts = 400.80 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.77 \quad (-) > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 77 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 637.13 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 171.34 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1109.39 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 228.59 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

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

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

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 20.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma_d H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 41.80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.36 \text{ (m)}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.53 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^{m+1} = 0.44 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 533.13 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 2.91 \text{ (-)} > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	78 di 116

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas &= & 138.17 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos \delta &= & 109.86 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin \delta &= & 54.75 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) &= & 252.32 \quad (\text{kN/m}) \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 229.96 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSP &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 19.64 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 33.36 \quad (\text{kN/m}) \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & -16.68 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs2 &= kh \cdot Pm \cdot (H2 + H3/2) &= & 27.42 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs3 &= kh \cdot Pm \cdot (H2+H3/3) &= & 8.24 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs4 &= kh \cdot Pm \cdot (H2/2) &= & 4.96 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 40.61 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) &= & 166.41 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3^2/3)+(B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0.5) &= & 12.73 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 179.14 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 599.55 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 162.86 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi' = 0.40 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.46 \quad (-) > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1492.45 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPs + MPts = 472.07 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.16 \quad (-) > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 79 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 599.55 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 162.86 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 1020.38 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 238.67 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

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

$$\phi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.00 \quad (^\circ)$$

$$\gamma_1 = \text{peso unit\`a di volume terreno fondaz.} = 20.00 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2' \quad \text{sovaccarico stabilizzante} = 41.80 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \quad \text{eccentricit\`a} = 0.40 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \quad \text{larghezza equivalente} = 3.40 \quad (\text{m})$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.57 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.53 \quad (-)$$

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

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 526.98 \quad (\text{kN/m}^2)$$

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



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 80 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

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

###### Copriferro

c = 8.20 (cm)

###### Acciaio

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

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

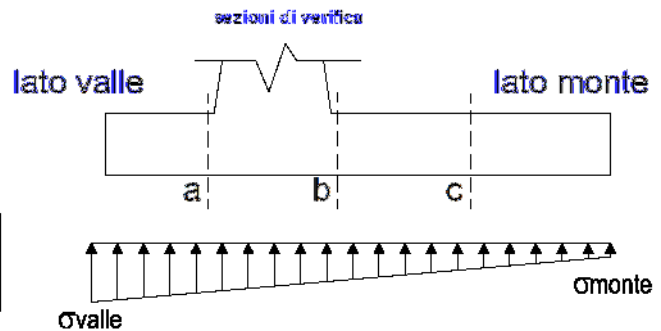
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0^2 B = 4.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0^3 B^2 / 6 = 2.04 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
sistema+	897.13	228.68	228.46	73.86
sistema-	589.66	238.67	228.83	61.57

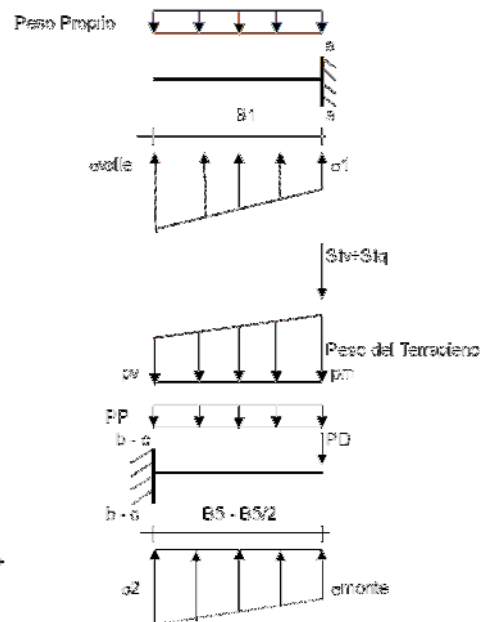


###### Mersola Lato Valle

Peso Proprio, PP = 25.00 (kN/m)

$$V_a = \sigma_1^2 B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) B^2 / 3 - PP^2 B^2 / 2 (1 + k)$$

caso	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kNm]	T <sub>a</sub> [kN]
sistema+	228.46	210.94	24.84	97.01
sistema-	228.83	204.60	24.21	93.61



###### Mersola Lato Monte

PP = 25.00 (kN/m) peso proprio soletta fondazione  
 PD = 6.00 (kN/m) peso proprio cinta

$\sigma_{m1} = 117.80$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{m2} = 117.80$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{m3} = 117.80$  (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{m1} - (\sigma_{m1} + PP)) (1 + k) (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{m2} - \sigma_{m1}) (B/2)^2 / 6 - (PP + PD) (1 + k) (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{m3} - \sigma_{m2}) (B/2 - B/2) - PD (k+1) (H_1 + H_2/2) + M_{sp} + S_p H_2/2$$

$$M_c = (\sigma_{m1} - (\sigma_{m1} + PP)) (1 + k) (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{m2} - \sigma_{m1}) (B/2)^2 / 6 - (PP + PD) (1 + k) (B/2)^2 / 2 - (\sigma_{m3} - \sigma_{m2}) (B/2) - PD (1 + k) (B/2 - B/2) - PD (k+1) (H_1 + H_2/2) - M_{sp} + S_p H_2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2b}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>b</sub> [kNm]	$\sigma_{2c}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	M <sub>c</sub> [kNm]	T <sub>b</sub> [kN]
sistema+	73.86	177.61	-329.00	128.76	-139.71	-125.60
sistema-	61.57	183.81	-333.86	115.63	-131.08	-111.79

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

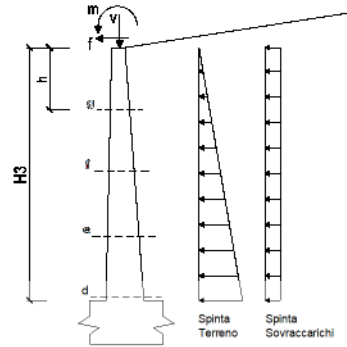
Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 81 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### CALCOLO SOLLETTAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	1.38	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m$	=	0.31	(-)			
Coefficienti di Spinta	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	Categorie di suolo		
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.27	(-)	0.273		
	componente orizzontale	kah	=	0.243	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.12	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.33	(-)	0.331		
	componente orizzontale	kash+	=	0.29	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.15	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete con inerzia orizzontale	kas-	=	0.34	(-)	0.337		
con inerzia orizzontale	kash-	=	0.30	(-)				
con inerzia verticale	kasv-	=	0.15	(-)				

$$M_t = \sum K_{oviz} \cdot \gamma^2 \cdot \Delta k_{ov} \cdot h^2 \cdot m \cdot S$$

$$C = \sum K_{oviz} \cdot \gamma^2 \cdot (\Delta k_{ov} \cdot h^2) \cdot h/2 \text{ (con sistema)}$$

$$M_{qj} = \sum K_{oviz} \cdot \gamma^2 \cdot h^2$$

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

$$M_{inertza} = \sum F_{inertza} \cdot h \cdot d_i \text{ (solo con sistema)}$$

condizione sismica +

sezione	h	It	Iq	Tact	Tinertza	Tact
	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
d-d	5.88	108.77	0.00	0.00	9.73	116.50
e-e	4.42	80.08	0.00	0.00	8.78	88.83
f-f	2.95	28.89	0.00	0.00	4.17	30.88
g-g	1.47	8.67	0.00	0.00	1.91	8.58

$$N_t = \sum K_{ovax} \cdot \gamma^2 \cdot \Delta k_{ov} \cdot h^2$$

$$N_{qj} = K_{ovax} \cdot \gamma^2 \cdot h$$

$$N_{act} = \gamma$$

$$N_{inertza} = \sum F_{inertza} \cdot (\Delta k_{ov})$$

condizione sismica +

sezione	h	It	Iq	Nact	Ninertza	Ntot	Nt	Nq	Nact	Ninertza	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.88	314.43	0.00	0.00	25.92	340.35	54.94	0.00	0.00	107.94	182.89
e-e	4.42	132.05	0.00	0.00	13.81	145.86	39.00	0.00	0.00	75.17	106.08
f-f	2.95	39.39	0.00	0.00	5.80	45.19	13.74	0.00	0.00	42.28	60.00
g-g	1.47	4.91	0.00	0.00	1.33	6.28	3.43	0.00	0.00	21.20	24.94

condizione sismica -

sezione	h	It	Iq	Nact	Ninertza	Ntot	Nt	Nq	Nact	Ninertza	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.88	291.02	0.00	0.00	25.92	317.94	50.00	0.00	0.00	98.21	148.17
e-e	4.42	123.03	0.00	0.00	13.81	136.84	28.00	0.00	0.00	68.40	97.08
f-f	2.95	36.45	0.00	0.00	5.80	42.25	12.74	0.00	0.00	42.09	54.83
g-g	1.47	4.50	0.00	0.00	1.33	5.82	3.18	0.00	0.00	19.20	22.48

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

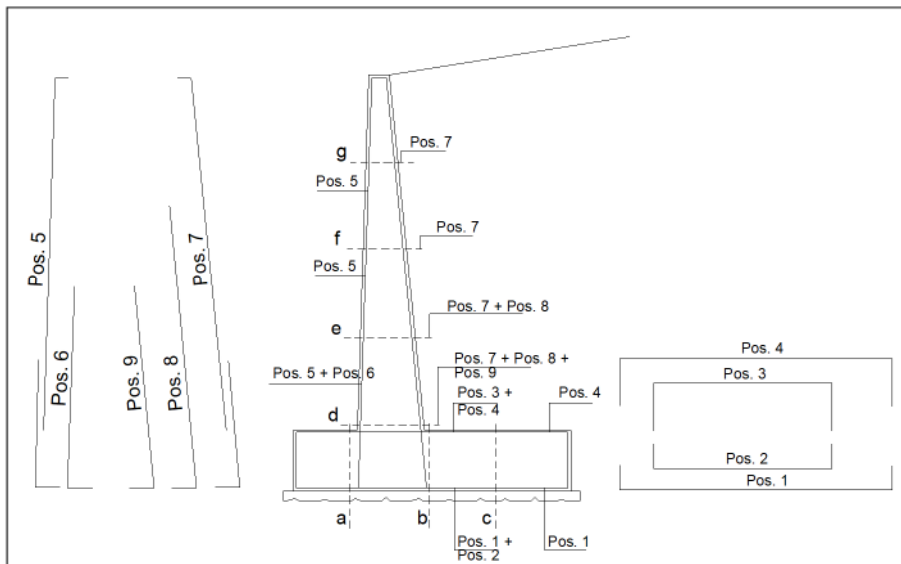
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 82 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

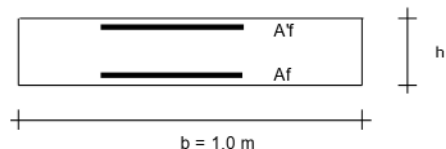


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-326.00	0.00	-125.50	1.00	25.76	15.71	905.41	0.00	343.74
d - d	340.35	162.88	116.50	0.90	25.76	10.05	866.27	162.88	320.35

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

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	83 di 116

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

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

Dati	Terapieno				
	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	29.26	(°)
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)
	Angolo di attrito terreno-paramento	φ <sub>muro</sub>	=	19.51	(°)
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	φ <sub>sup id</sub>	=	19.51	(°)
Dati	Fondazione				
	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	8.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub>	=	17.80	(°)
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Peso Unità di Volume del Riempito della Fondazione	γ <sub>ri</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
	Profondità Piano di Posi della Fondazione	H <sub>d</sub>	=	2.20	(m)
	Profondità Falda	Z <sub>nc</sub>	=	0.00	(m)
Coefficienti di	Spinta				Valori di Normativa
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	k <sub>oa</sub>	=	0.31	(-)
	Coeff. di Spinta Attiva Statica sulla superficie ideale	k <sub>oa+</sub>	=	0.37	(-)
	Coeff. di Spinta Attiva Statica sulla superficie ideale	k <sub>oa-</sub>	=	0.37	(-)
	Coeff. di Spinta Passiva in Fondazione	k <sub>op</sub>	=	1.87	(-)
	Coeff. di Spinta Passiva Statica in Fondazione	k <sub>op+</sub>	=	1.74	(-)
	Coeff. di Spinta Passiva Statica in Fondazione	k <sub>op-</sub>	=	1.72	(-)

### Carichi Azioni (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	(kN/m/m)
Condizioni	Statiche				
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	qs	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	ms	=	0.00	(kN/m/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (P<sub>m</sub>)

P <sub>m1</sub>	=	(32*H3*γc)/2	=	0.00	(kN/m)
P <sub>m2</sub>	=	(33*H3*γc)	=	73.63	(kN/m)
P <sub>m3</sub>	=	(34*H3*γc)/2	=	29.45	(kN/m)
P <sub>m4</sub>	=	(31*H2*γc)	=	105.00	(kN/m)
P <sub>m5</sub>	=	(30*Hd*γc)	=	0.00	(kN/m)
P <sub>m</sub>	=	P <sub>m1</sub> + P <sub>m2</sub> + P <sub>m3</sub> + P <sub>m4</sub> + P <sub>m5</sub>	=	208.08	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P<sub>t</sub>)

P <sub>t1</sub>	=	(36*H3*γ)	=	329.84	(kN/m)
P <sub>t2</sub>	=	(0,5*(34+35)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
P <sub>t3</sub>	=	(34*H3*γ)/2	=	23.58	(kN/m)
P <sub>t</sub>	=	P <sub>t1</sub> + P <sub>t2</sub> + P <sub>t3</sub>	=	353.40	(kN/m)

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

- Muro (M<sub>m</sub>)

M <sub>m1</sub>	=	P <sub>m1</sub> (31+2/3*32)	=	0.00	(kN/m)
M <sub>m2</sub>	=	P <sub>m2</sub> (31+0,5*33)	=	55.22	(kN/m)
M <sub>m3</sub>	=	P <sub>m3</sub> (31+3/3*(34+35))	=	33.38	(kN/m)
M <sub>m4</sub>	=	P <sub>m4</sub> (3/2)	=	230.50	(kN/m)
M <sub>m5</sub>	=	P <sub>m5</sub> (3 - 3/4*2)	=	0.00	(kN/m)
M <sub>m</sub>	=	M <sub>m1</sub> + M <sub>m2</sub> + M <sub>m3</sub> + M <sub>m4</sub> + M <sub>m5</sub>	=	309.10	(kN/m)

- Terrapieno a tergo del muro

M <sub>t1</sub>	=	P <sub>t1</sub> (31+32+33+34+0,5*35)	=	923.55	(kN/m)
M <sub>t2</sub>	=	P <sub>t2</sub> (31+32+33+3/3*(34+35))	=	0.00	(kN/m)
M <sub>t3</sub>	=	P <sub>t3</sub> (31+32+33+2/3*34)	=	29.84	(kN/m)
M <sub>t</sub>	=	M <sub>t1</sub> + M <sub>t2</sub> + M <sub>t3</sub>	=	953.39	(kN/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 84 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 159.80 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 63.25 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 130.44 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 51.63 \quad (\text{kN/m})$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 53.38 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 21.13 \quad (\text{kN/m})$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 299.58 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 224.19 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 177.88 \quad (\text{kNm/m})$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 88.74 \quad (\text{kNm/m})$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1449.18 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 477.46 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.04 \quad (-) \quad > \quad 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	85 di 116

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimen to	Res.Terren o Valle
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	●	SLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	=	23.35	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>i</sub> '	=	21.63	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ <sub>d</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	2.20	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014

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

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	(B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	(B3*H3*γcls)	=	73.63	(kN/m)
Pm3 =	(B4*H3*γcls)/2	=	29.45	(kN/m)
Pm4 =	(B*H2*γcls)	=	105.00	(kN/m)
Pm5 =	(Bd*Hd*γcls)	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	208.08	(kN/m)

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

Pt1 =	(B5*H3*γ)	=	329.84	(kN/m)
Pt2 =	(0.5*(B4+5.5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	(3.4*H3*γ)/2	=	23.56	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	353.40	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	Pm1*(B1+2/3*B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	Pm2*(B1+3/4*B3)	=	55.22	(kNm/m)
Mm3 =	Pm3*(B1+3/4*B3+1/3*B4)	=	33.36	(kNm/m)
Mm4 =	Pm4*(B/2)	=	2231.50	(kNm/m)
Mm5 =	Pm5*(B - 3d/2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	2319.90	(kNm/m)

- Terrapieno a Csgo del muro

Mk1 =	Pt1*(B1+3/4*B2+B3+0.5*B5)	=	123.55	(kNm/m)
Mk2 =	Pt2*(B1+3/4*B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mk3 =	Pt3*(B1+3/4*B3+2/3*B4)	=	23.24	(kNm/m)
Mk =	Mk1 + Mk2 + Mk3	=	146.79	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

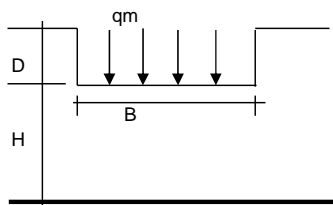
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 86 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	2.20	(m)
	D/B*	0.59	(m)
	H/B*	2.25	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^*$	166.05	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.934	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.71	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	11.83	(mm)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 87 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	73.63	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	29.45	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	105.00	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	208.08	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	=	329.84	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma') / 2$	=	23.56	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	353.40	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	55.22	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	33.38	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	220.50	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	309.10	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	923.55	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	29.84	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	953.39	(kNm/m)



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 88 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 116.03 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 33.68 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 92.26 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 26.78 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 45.98 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 13.35 \quad (\text{kN/m})$$

Spinta passiva sul dente

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

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

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 211.88 \quad (\text{kNm})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 193.10 \quad (\text{kNm})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 92.26 \quad (\text{kNm})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 56.05 \quad (\text{kNm})$$

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

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 620.80 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1511.65 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 304.14 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 1207.51 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 96.16 \quad (\text{kNm/m})$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 89 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

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

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 6.20 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

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

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

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

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

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

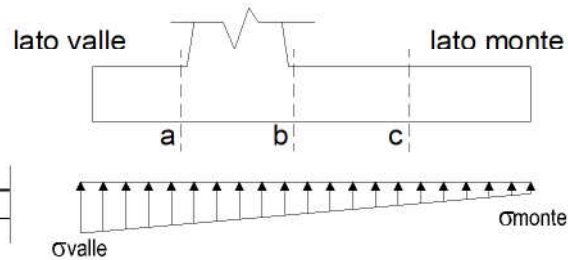
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = b \cdot h = 4.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = b \cdot h^2 / 6 = 2.94 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	620.80	96.16	180.52	115.10

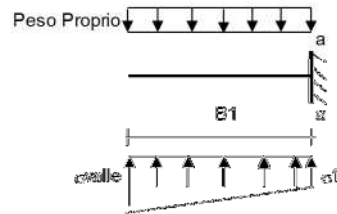


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

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

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

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	M <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	180.52	172.73	19.12



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 25.00 (kN/m<sup>2</sup>) peso propria soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso propria dente

p<sub>m</sub> = 117.80 (kN/m<sup>2</sup>)

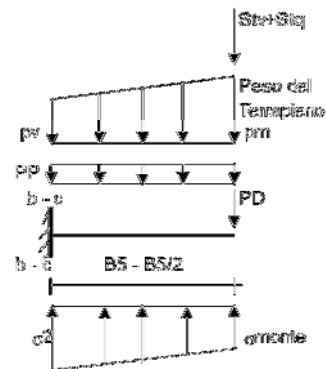
p<sub>v</sub> = 117.80 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>s</sub> = 117.80 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_v + PP)) \cdot (1 + \nu) \cdot (B_2/2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B_2^3 / 6 - (p_m - p_v) \cdot (1 + \nu) \cdot B_2^3 / 3 - (S_k + S_{q0}) \cdot B_2 \cdot PD \cdot (1 + \nu) \cdot (B_2 - B_d/2) - PD \cdot h \cdot (H_d + H_2/2) + M_{ap} + S_p \cdot H_2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_v + PP)) \cdot (1 + \nu) \cdot (B_2/2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B_2^3 / 6 - (p_m - p_v) \cdot (1 + \nu) \cdot (B_2/2)^2 / 3 - (S_k + S_{q0}) \cdot (B_2/2) \cdot PD \cdot (1 + \nu) \cdot (B_2/2 - B_d/2) - PD \cdot h \cdot (H_d + H_2/2) + M_{ap} + S_p \cdot H_2/2$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2$	M <sub>b</sub>	$\sigma_2$	M <sub>c</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	115.10	133.71	-217.70	133.91	-103.65



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

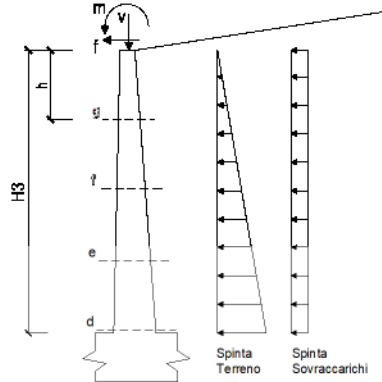
Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	90 di 116

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	=	1.38	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta$	m	=	0.31				(-)
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no			bm = var.		
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.0944	(-)				
coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.0472	(-)					
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.27	(-)	0.273			
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.24	(-)				
	componente verticale e	$k_{av}$	=	0.12	(-)				
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{a0+}$	=	0.33	(-)	0.337			
	componente orizzontale	$k_{a0+h}$	=	0.26	(-)				
	componente verticale e	$k_{a0+v}$	=	0.15	(-)				
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	$k_{a0-}$	=	0.34	(-)	0.337				
componente orizzontale	$k_{a0+h-}$	=	0.30	(-)					
componente verticale e	$k_{a0+v-}$	=	0.15	(-)					

$$M_0 = \frac{1}{6} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot h^3 \quad \text{e} \quad \frac{1}{6} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot h^3 \cdot w/2 \quad (\text{senza sisma})$$

$$M_0 = \frac{1}{6} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot h^3$$

$$M_{act} = m \cdot h^3$$

$$M_{inerzia} = 2 \cdot m \cdot a \cdot h^3 \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_0 = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot h^2$$

$$N_0 = K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot h^2$$

$$N_{act} = \gamma$$

$$N_{spinta} = 2 \cdot m \cdot \gamma \cdot (1 + k_v)$$

#### condizione statica

sezione	h	M <sub>0</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>act</sub>	M <sub>tot</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>act</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>act</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
d-d	5.82	185.50	54.12	0.00	242.50	45.93	14.71	0.00	105.05
e-e	4.42	82.74	47.09	0.00	117.10	24.97	11.03	0.00	71.75
f-f	2.85	20.66	21.65	0.00	41.71	10.83	7.36	0.00	44.18
g-g	1.47	2.52	5.26	0.00	7.34	2.71	3.65	0.00	20.25

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

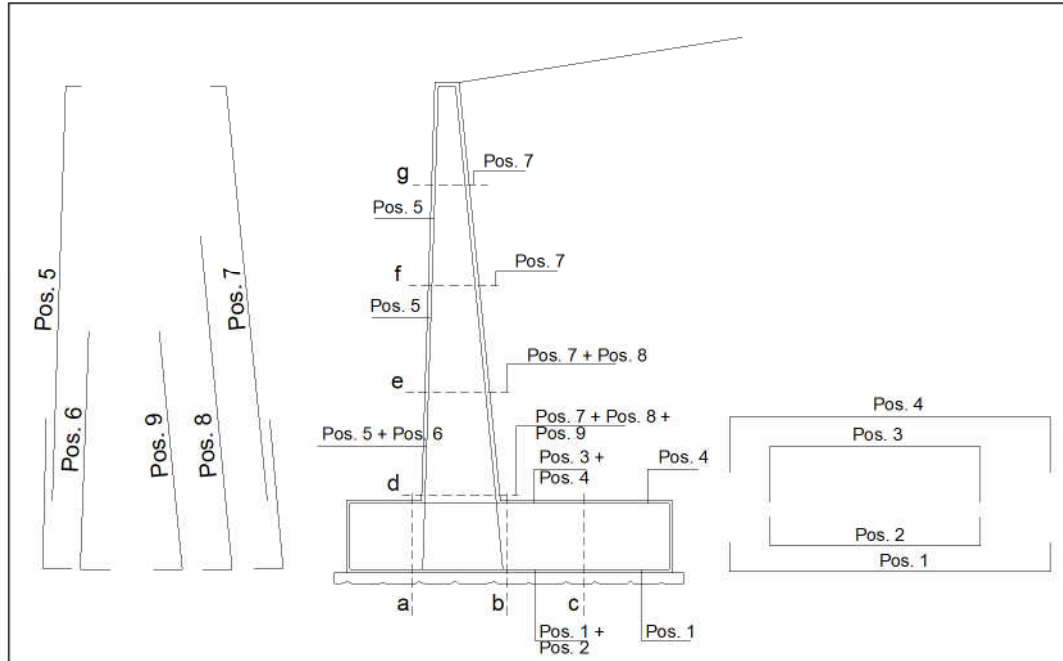
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 91 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

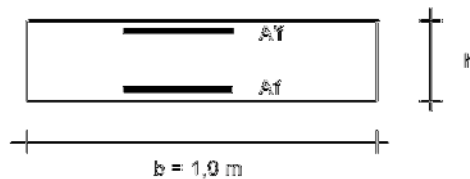


### ARMATURE

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

Calcola

### VERIFICHE



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

### Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	$w_{attesa}$
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
b - b	-217.70	0.00	1.90	25.76	15.71	1.89	87.54	0.098	0.200
d - d	249.50	161.11	0.80	25.76	10.05	2.80	88.18	0.096	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 ( $\rho_r=0.5$ ).



### **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**

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 92 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

## **ALLEGATO 3**

### **TABULATI DI CALCOLO MURO: CONCIO 3**

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

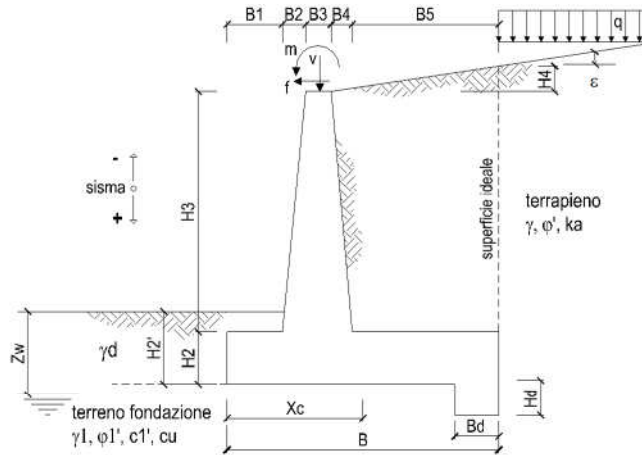
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	93 di 116



OPERA Hmuro = 4.97 m

**DATI DI PROGETTO:**

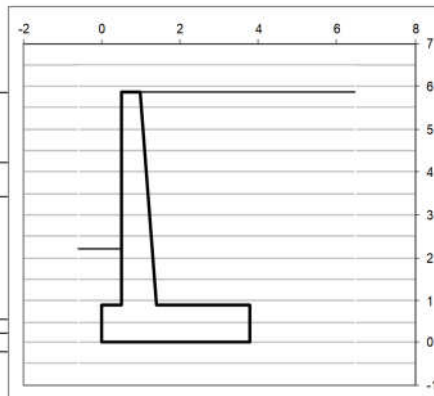
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	4.97	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.40	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	3.80	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.90	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.40	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	1.90	(m)

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



**Dati Geotecnici**

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ' =	35.00	(°)	mensola corta dir ▾
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ =	20.00	(kN/m³)	
Dati Terreno Fondazione	Angolo di inclinazione Piano di Campagna	ε =	0.00	(°)	φps = 25 °
	Angolo di attrito terreno-paramento (0.667*φ')	δmuro =	23.35	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δsup id =	23.35	(°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate			
	Coesione Terreno di Fondazione	c1' =	10.00	(kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione (tan φ'fr = 0.85*tan φ'p)	φ'fr =	21.63	(°)	
Dati Sismici	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γt =	20.00	(kN/m³)	S = 1.38 (-) Coefficiente Categoria di Suolo
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γd =	20.00	(kN/m³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2' =	2.20	(m)	
	Profondità Falda	ZW =	0.00	(m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	Hs =	7.60	(m)	
	Modulo di deformazione	E =	35000	(kN/m²)	
	Accelerazione sismica	ay/g =	0.220	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	βm =	0.31	(-)	
	il muro è libero di ruotare al piede? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	βm =	Var.	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh =	0.0944	(-)	stradale ▾ Valori di Normativa
	coefficiente sismico verticale	kv =	0.0472	(-)	
	Coef. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka =	0.24	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ =	0.30	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- =	0.31	(-)	
	Coef. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp =	2.17	(-)	
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ =	2.03	(-)	
	Coef. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- =	2.01	(-)	

**Carichi Agenti**

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q =	20.00	(kN/m²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f =	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v =	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m =	0.00	(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)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	94 di 116

		coefficienti parziali									
		caso	azioni			proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap.	Scorrimen	Res.Terreno	
								portante	to	Valle	
							γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>		
SLU	☉	caso A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.40	1.10	1.40	
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

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

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	23.35	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup.ideal</sub>	=	23.35	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub> '	=	21.63	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ <sub>d</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
	Profondità Piano di Posizione della Fondazione	H2'	=	2.20	(m)		
Coefficienti di Spinta	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)		
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.299	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.305	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.03	(-)	2.029	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.01	(-)	2.014	

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

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

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (P<sub>m</sub>)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B1^2 \cdot \gamma' \cdot h) / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm2 &= (B2^2 \cdot \gamma' \cdot h) &= & 62.13 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm3 &= (B4^2 \cdot \gamma' \cdot h) / 2 &= & 24.85 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm4 &= (B1^2 \cdot \gamma' \cdot h) &= & 65.50 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm5 &= (B1^2 \cdot d \cdot \gamma' \cdot h) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 152.48 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (P<sub>i</sub>)

$$\begin{aligned}
 Pi1 &= (B3^2 \cdot \gamma' \cdot h) &= & 238.88 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pi2 &= (0.5 \cdot (B4 - B5)^2 \cdot \gamma' \cdot h) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pi3 &= (B4^2 \cdot \gamma' \cdot h) / 2 &= & 19.88 \quad (\text{kN/m}) \\
 Pi &= Pi1 + Pi2 + Pi3 &= & 258.76 \quad (\text{kN/m})
 \end{aligned}$$

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

- Muro (M<sub>m</sub>)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 48.58 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 28.18 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 162.45 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - B \cdot d) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 239.21 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a largo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pi1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 620.26 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt2 &= Pi2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt3 &= Pi3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 25.18 \quad (\text{kNm/m}) \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 645.44 \quad (\text{kNm/m})
 \end{aligned}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 95 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 109.48 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 43.04 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 87.05 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 34.22 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 43.38 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 17.06 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 170.33 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 164.86 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 100.44 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 64.81 \text{ (kN/m)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 491.35 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 121.27 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.61 \text{ (-)} > 1.1$$

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1112.31 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP = 270.77 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.11 \text{ (-)} > 1$$

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

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 491.35 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f - Sp = 121.27 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 841.54 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 92.03 \text{ (kNm/m)}$$



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 96 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'$	coesione terreno di fondaz.	=	10.00	(kPa)
$\phi'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	25.00	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d H^2$	sovraccarico stabilizzante	=	41.80	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.19	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	3.43	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.62	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.58	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$		=	0.48	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	574.81	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	---	--------	----------------------

$$F = q_{lim} B^* / N = 4.01 \quad (-) \quad > \quad 1.4$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 97 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

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

##### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 2.1$

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

###### Copriferro

s = 8.20 (cm)

###### Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

fyd = fyk /  $\gamma_S$  /  $\gamma_E = 391.30$  (MPa)

Es = 210000 (MPa)

pe = 0.19%

pk = 7.500%

psj = 8.750%

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

###### Reazione del terreno

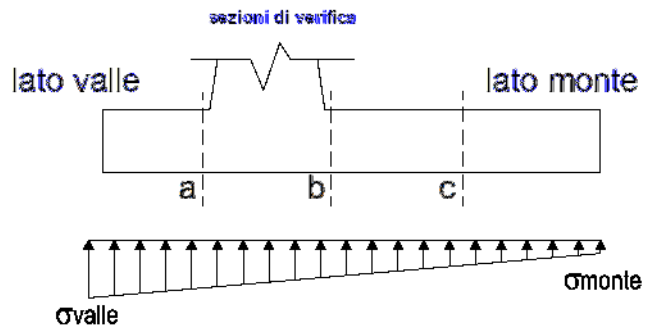
$$r_{valle} = N/A + M/W_{gg}$$

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

A = 1.075 = 9.88 (m<sup>2</sup>)

W<sub>gg</sub> = 1.075<sup>2</sup>/6 = 2.41 (m<sup>3</sup>)

caso	N	M	r <sub>valle</sub>	r <sub>monte</sub>
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	491.35	92.03	167.54	91.08

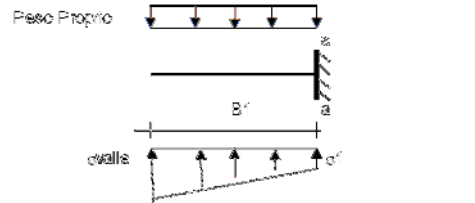


###### Mensola Lato Valle

Peso Proprio PP = 22.50 (kNm)

$$M_a = r^2 \cdot B^2 / 2 - (r_{valle} - r) \cdot B^2 / 2 - PP \cdot B / 2$$

caso	r <sub>valle</sub>	r <sup>2</sup>	M <sub>a</sub>	T <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	167.54	157.48	17.71	70.01



###### Mensola Lato Monte

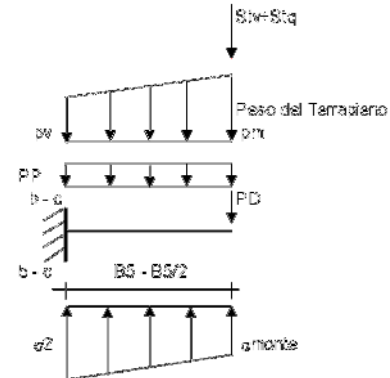
PP = 22.50 (kNm<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

or<sub>1</sub> = 129.22 (kN/m<sup>2</sup>)  
or<sub>2</sub> = 129.22 (kN/m<sup>2</sup>)  
or<sub>3</sub> = 129.22 (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (r_{monte} - (or_1 - PP)) \cdot (B/2)^2 / 2 - (or_2 - r_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (or_3 - PP) \cdot (B/2)^2 / 3 - (S_{1x} - S_{2x}) \cdot B \cdot PD / (B/2) - PD \cdot kh \cdot (H_1 - H_2 / 2) - M_{s1} - S_{1y} \cdot H / 2$$

$$M_c = (r_{monte} - (or_1 - PP)) \cdot (B/2)^2 / 2 - (or_2 - r_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (or_3 - PP) \cdot (B/2)^2 / 3 - (S_{1x} - S_{2x}) \cdot (B/2) \cdot PD / (B/2 - B_0/2) - PD \cdot kh \cdot (H_1 - H_2 / 2) - M_{s1} - S_{1y} \cdot H / 2$$

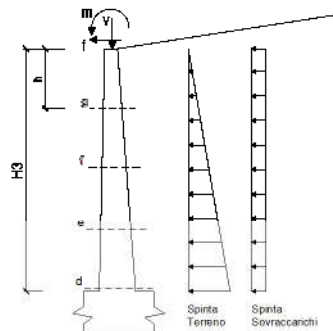
caso	r <sub>monte</sub>	or <sub>1</sub>	M <sub>b</sub>	or <sub>2</sub>	or <sub>3</sub>	T <sub>b</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]
statico	91.08	139.37	-273.37	129.22	129.22	-148.89



Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 98 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	---------------------------

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

Sezioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a/g$	=	0.22	(-)	S <b>1.38</b> (-) Categoria di suolo
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta_m$	=	<b>0.31</b>	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var	
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)	0.276
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)	
	Coef. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	<b>0.28</b>	(-)	0.387
	componente orizzontale	kah	=	0.246	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.13	(-)	
	Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	<b>0.34</b>	(-)	
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)	0.343
	componente verticale	kasv+	=	0.15	(-)	
Coef. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	<b>0.34</b>	(-)		
componente orizzontale	kash-	=	0.30	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.16	(-)		

$M_t = \frac{1}{6} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + kv) h^3$       o    $\frac{1}{6} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + kv) h^3$  (con sisma)

$M_u = \frac{1}{6} K_{a,att} \cdot \gamma h^3$

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

$M_{passivo} = \frac{1}{2} P \cdot m \cdot \gamma \cdot kh$       (solo con sisma)

**condizione statica**

$N_t = \frac{1}{6} K_{a,att} \cdot \gamma^2 (1 + kv) h^2$

$N_q = K_{a,att} \cdot \gamma h^2$

$N_{est} = v$

$N_{passivo} = \frac{1}{2} P \cdot m \cdot \gamma (1 + kv)$

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T <sub>est</sub> [kN/m]	T <sub>pass</sub> [kN/m]
d-d	4.87	78.93	36.63	0.00	115.57
e-e	3.73	44.43	27.51	0.00	71.94
f-f	2.48	19.75	18.34	0.00	38.09
g-g	1.24	4.94	9.17	0.00	14.11

**condizione statica**

sezione	h [m]	Rt [kN/m]	Qt [kN/m]	E <sub>est</sub> [kN/m]	E <sub>pass</sub> [kN/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N <sub>est</sub> [kN/m]	N <sub>pass</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	4.87	130.87	91.15	0.00	222.61	41.91	18.46	0.00	36.93	148.34
e-e	3.73	55.21	51.27	0.00	105.48	23.87	14.59	0.00	38.47	98.74
f-f	2.48	16.26	22.79	0.00	38.15	10.48	9.73	0.00	20.21	57.48
g-g	1.24	2.04	3.70	0.00	7.74	2.62	4.88	0.00	17.08	24.67

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

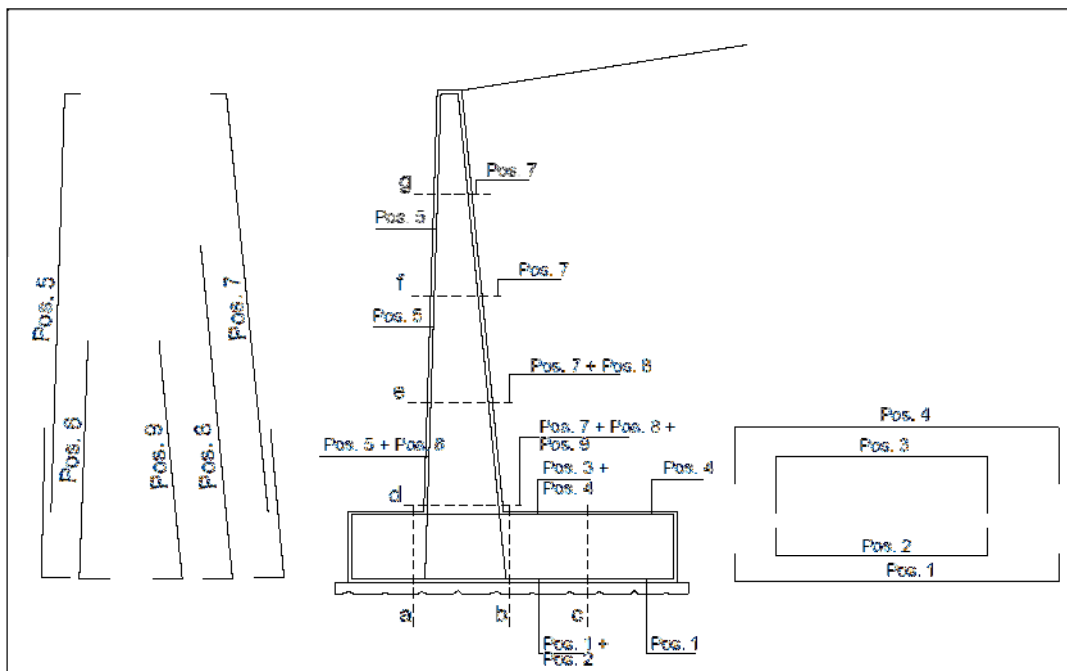
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 99 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

#### SCHEMA DELLE ARMATURE

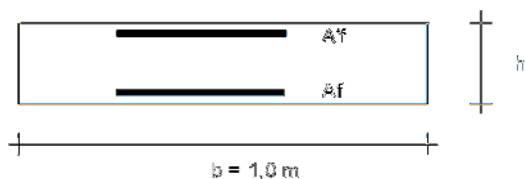


#### ARMATURE

pos	n°/ml	↓	pos	n°/ml	↓
1	5.0	20	5	5.0	16
2	5.0	0	6	6.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

#### VERIFICHE



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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm <sup>2</sup> )	AT (cm <sup>2</sup> )	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
b-b	-273.37	0.00	-148.05	0.90	15.71	15.71	498.62	0.00	275.33
d-d	222.01	148.34	115.87	0.90	15.71	10.05	558.88	148.34	270.87

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

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	100 di 116

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap.	Scorrimen	Res.Terren
								portante	to	o Valle
							γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	γ <sub>R</sub>	
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	●	<b>Sismica+M1+R3</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.40</b>	<b>1.10</b>	<b>1.40</b>
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati	Terapieno							
	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	α	=	0.00	(°)			
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	=	23.35	(°)			
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>superf</sub>	=	23.35	(°)			
	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	10.00	(kN/m <sup>2</sup> )			
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ1'	=	21.83	(°)			
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ1'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )			
	Peso Unità di Volume del Rintoro della Fondazione	γd1'	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )			
	Profondità Piano di Poso della Fondazione	H2'	=	2.20	(m)			
	Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)			
	Coeff. Di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.24	(-)	0.244		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	ka+s	=	0.30	(-)	0.288		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	ka-s	=	0.31	(-)	0.303		
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.17	(-)	2.168		
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kp+s	=	2.03	(-)	2.028		
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kp-s	=	2.01	(-)	2.014		

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

Condizioni Statiche				
	Sonno Assiortabile in condizioni sismiche	qs	=	0.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Forze Orizzontali in Testa in condizioni sismiche	hs	=	0.00 (kN/m)
	Forze Verticali in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00 (kN/m)
	Momenti in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00 (kN·m/m)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1	=	(B2*H3*γs)/2	=	0.00 (kN/m)
Pm2	=	(B4*H3*γs)	=	62.13 (kN/m)
Pm3	=	(B4*H3*γs)/2	=	24.05 (kN/m)
Pm4	=	(B*H2*γs)	=	85.50 (kN/m)
Pm5	=	(B0*H2*γs)	=	0.00 (kN/m)
Pm	=	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	172.68 (kN/m)

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

Pt1	=	(B5*H3*γ)	=	238.58 (kN/m)
Pt2	=	(0,5*(B4+B5)*H3*γ)	=	0.00 (kN/m)
Pt3	=	(B4*H3*γ)/2	=	18.00 (kN/m)
Pt	=	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	256.58 (kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1	=	Pm1*(B1+2/3*B2)	=	0.00 (kN·m/m)
Mm2	=	Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	=	48.59 (kN·m/m)
Mm3	=	Pm3*(B1+B2-B3-1/3*B4)	=	20.16 (kN·m/m)
Mm4	=	Pm4*(B/2)	=	162.45 (kN·m/m)
Mm5	=	Pm5*(B - B0/2)	=	0.00 (kN·m/m)
Mm	=	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	237.21 (kN·m/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1	=	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	620.26 (kN·m/m)
Mt2	=	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00 (kN·m/m)
Mt3	=	Pt3*(B1+B2-B3+2/3*B4)	=	25.18 (kN·m/m)
Mt	=	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	645.44 (kN·m/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	101 di 116

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1 &= 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1 + kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas^+ &= & 108.03 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq1 &= qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas^+ &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1h &= Sst1 \cdot \cos \delta &= & 85.89 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq1h &= Ssq1 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1v &= Sst1 \cdot \sin \delta &= & 42.81 \quad (\text{kN/m}) \\ Ssq1v &= Ssq1 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica +

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) &= & 168.07 \quad (\text{kN/m}) \\ MSst2 &= Sst1v \cdot B &= & 162.67 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq1 &= Ssq1h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSsq2 &= Ssq1v \cdot B &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \\ MSP &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1 \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 &= & 0.00 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 16.28 \quad (\text{kN/m})$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 24.39 \quad (\text{kN/m}) \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & 12.20 \quad (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) &= & 19.85 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) &= & 6.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) &= & 3.63 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPs &= MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 &= & 29.48 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) - (B - B5 / 2) \cdot 0.5) &= & 46.95 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4 / 3) - (B - B5 / 3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3^2 / 3) - (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) &= & 6.40 \quad (\text{kNm/m}) \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 53.35 \quad (\text{kNm/m}) \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 485.92 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 126.57 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = tg \phi_1' = 0.40 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.52 \quad (-) > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1045.31 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPs + Mpts = 250.90 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr = 4.17 \quad (-) > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 102 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 485.92 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 126.57 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 794.41 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 128.83 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

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

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

$$\gamma_1 = \text{peso unit\`a di volume terreno fondaz.} = 20.00 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma d' H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 41.80 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \text{ eccentricit\`a} = 0.27 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.27 \quad (\text{m})$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot(\varphi)))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.60 \quad (-)$$

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

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot(\varphi)))^{m+1} = 0.46 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 544.70 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 3.67 \quad (-) > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	103 di 116

### CONDIZIONE SISMICA -

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas &= & 100.29 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos \delta &= & 79.74 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin \delta &= & 39.74 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) &= & 156.03 \text{ (kN/m)} \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 151.02 \text{ (kN/m)} \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\ MSp &= \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 16.28 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 24.39 \text{ (kN/m)} \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & -12.20 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2) &= & 19.85 \text{ (kNm/m)} \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3) &= & 6.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2) &= & 3.63 \text{ (kNm/m)} \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs &= MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 &= & 29.48 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) + (B - B5/2) \cdot 0.5) &= & 105.49 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) + (B - B5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3*2/3)+(B1+B2+B3+2/3*B4)*0.5) &= & 9.41 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 114.90 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 458.46 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 120.42 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

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

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.51 \text{ (-)} > 1.1$$

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSst2 + MSsq2 + Mfext3 = 1033.66 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst1 + MSsq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MPts + Mpts = 300.41 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.44 \text{ (-)} > 1$$



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 104 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

### VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 458.46 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 120.42 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 733.25 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 137.82 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

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

$$c_1' \text{ coesione terreno di fondaz.} = 10.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\phi_1' \text{ angolo di attrito terreno di fondaz.} = 25.00 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 \text{ peso unità di volume terreno fondaz.} = 20.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 41.80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.30 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 3.20 \text{ (m)}$$

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

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

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

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

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cot(\phi)))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.60 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.55 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cot(\phi)))^{m+1} = 0.46 \text{ (-)}$$

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 539.74 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 3.77 \text{ (-)} > 1.4$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud  
 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia  
**OPERE D'ARTE MINORI**  
 Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733  
 Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.diPag. 105 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------

### CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo

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

##### Copriferro

c = 6.20 (cm)

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C  
 $f_{yk} = 450$  (MPa)  
 $\gamma_E = 1.00$   
 $\gamma_S = 1.15$   
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S / \gamma_E = 391.30$  (MPa)  
 $E_s = 210000$  (MPa)  
 $\epsilon_{yk} = 0.13\%$   
 $\epsilon_{sk} = 7.500\%$   
 $\epsilon_{sl} = 6.750\%$

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

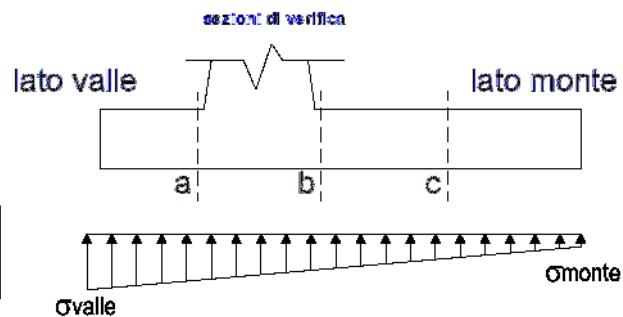
$$r_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 * B = 3.80 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 * B^2 / 6 = 2.41 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	r <sub>valle</sub>	r <sub>monte</sub>
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
sistema+	468.82	128.63	181.41	74.24
sistema-	468.46	137.62	177.91	63.28

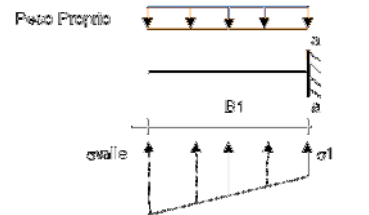


##### Mensole Lato Valle

Peso Proprio. PP = 22.50 (kN/m)

$$M_a = r_{valle} * B^2 / 2 + (r_{valle} - r_{monte}) * B^2 / 6 - PP * B^2 / 2 * (1 + kv)$$

caso	r <sub>valle</sub>	r <sub>monte</sub>	M <sub>a</sub>	T <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sistema+	181.41	167.32	19.14	75.40
sistema-	177.91	162.84	18.93	73.21



##### Mensole Lato Monte

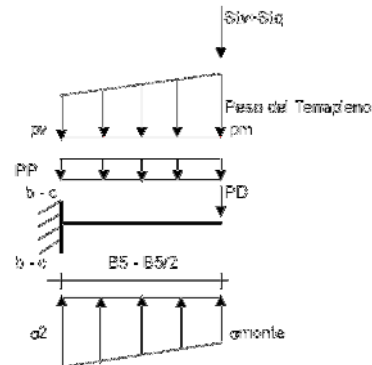
PP = 22.50 (kN/m)  
 PD = 0.00 (kN/m)  
 peso proprio soletta fondazione  
 peso proprio dante

$\sigma_{1b} = 99.40$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{2b} = 99.40$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{3b} = 99.40$  (kN/m<sup>2</sup>)

$$M_b = (r_{monte} - (pp + PP)) * (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{1b}) * (B/2)^2 / 6 - (pp + PP) * (B/2)^2 / 3 - (S_{1b} - S_{0b}) * B * PD * (1 + kv) * (B/2 - Bd/2) - PD * kh * (H_0 + H/2) + M_{s0} + S_{0b} * H/2$$

$$M_c = (r_{monte} - (pp + PP)) * (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{1c}) * (B/2)^2 / 6 - (pp + PP) * (B/2)^2 / 3 - (S_{1b} - S_{0b}) * (B/2) - PD * (1 + kv) * (B/2 - Bd/2) - PD * kh * (H_0 + H/2) + M_{s0} + S_{0b} * H/2$$

caso	r <sub>monte</sub>	$\sigma_{2b}$	M <sub>b</sub>	$\sigma_{2c}$	M <sub>c</sub>	T <sub>b</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
sistema+	74.34	141.98	-191.38	108.15	-81.84	-89.81
sistema-	63.38	138.72	-177.90	98.66	-77.00	-79.58



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

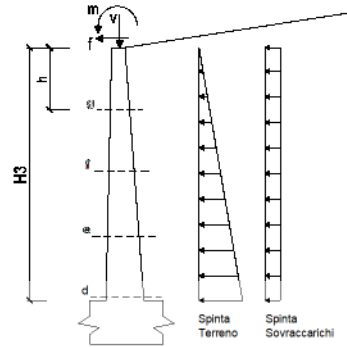
Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	106 di 116

#### CALCOLO SOLLEcitAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dat Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S	1.38	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m$	=	0.31	(-)			
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	Categoria di suolo		
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0944	(-)			
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0472	(-)			
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.28	(-)	0.278		
	componente orizzontale	kah	=	0.246	(-)			
	componente verticale	kav	=	0.13	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.34	(-)	0.337		
	componente orizzontale	kash+	=	0.30	(-)			
	componente verticale	kasv+	=	0.16	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete con inerzia orizzontale	kas-	=	0.34	(-)	0.343		
con inerzia orizzontale	kash-	=	0.30	(-)				
	con inerzia verticale	kasv-	=	0.16	(-)			

$$M_t = \sum K_{oviz} \cdot \gamma^2 \cdot \Delta k_{ov} \cdot h^2 \cdot m \cdot S$$

$$C = \sum K_{oviz} \cdot \gamma^2 \cdot (\Delta k_{ov} \cdot h^2 \cdot h/2) \text{ (con sistema)}$$

$$M_{st} = \sum K_{oviz} \cdot \gamma^2 \cdot h^2$$

$$M_{st} = m \cdot H^2$$

$$M_{inertie} = \sum P_{inertie} \cdot h \cdot d_i \quad \text{(solo con sistema)}$$

condizione sismica +

sezione	h	It	Iq	Tax	Tinertie	Tax
	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
d-d	4.97	78.91	0.00	0.00	8.21	85.12
e-e	3.73	43.28	0.00	0.00	5.72	48.99
f-f	2.49	18.23	0.00	0.00	3.52	22.75
g-g	1.24	4.81	0.00	0.00	1.61	6.42

$$N_t = \sum K_{ovax} \cdot \gamma^2 \cdot \Delta k_{ov} \cdot h^2$$

$$N_q = K_{ovax} \cdot \gamma^2 \cdot h^2$$

$$N_{ax} = \gamma$$

$$N_{geometrica} = \sum P_{inertie} \cdot (\Delta k_{ov})$$

condizione sismica +

sezione	h	It	Iq	N <sub>tot</sub>	N <sub>inertie</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>ax</sub>	N <sub>geometrica</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.97	191.11	0.00	0.00	18.40	209.57	49.90	0.00	0.00	91.08	121.89
e-e	3.73	89.00	0.00	0.00	9.84	98.84	23.95	0.00	0.00	43.43	86.38
f-f	2.49	23.99	0.00	0.00	4.13	28.12	10.20	0.00	0.00	30.03	48.23
g-g	1.24	2.99	0.00	0.00	0.97	3.96	2.55	0.00	0.00	17.89	20.44

condizione sismica -

sezione	h	It	Iq	N <sub>tot</sub>	N <sub>inertie</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>ax</sub>	N <sub>geometrica</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.97	177.29	0.00	0.00	18.40	195.69	37.93	0.00	0.00	82.87	121.70
e-e	3.73	74.76	0.00	0.00	9.84	84.60	21.23	0.00	0.00	57.71	78.99
f-f	2.49	22.15	0.00	0.00	4.13	26.28	9.43	0.00	0.00	35.32	44.97
g-g	1.24	2.77	0.00	0.00	0.97	3.74	2.30	0.00	0.00	16.98	18.04

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

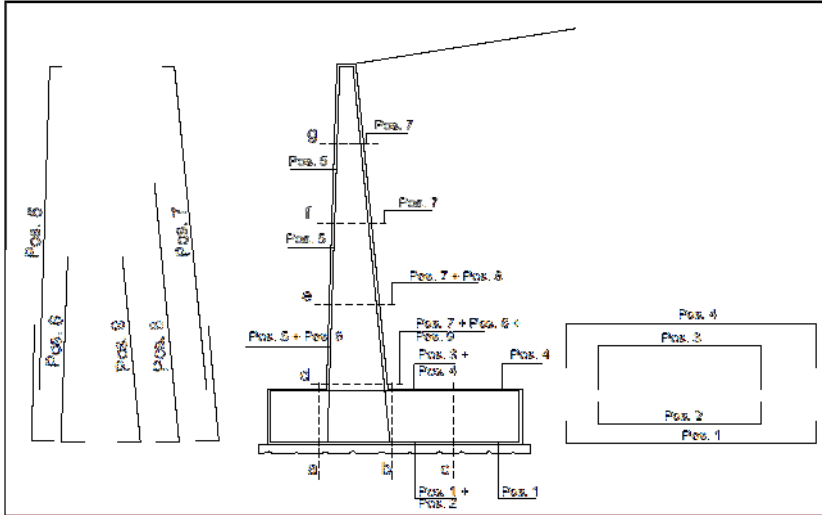
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 107 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

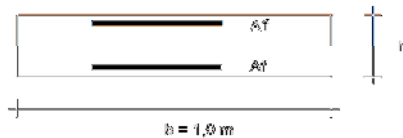


### ARMATURE

pos	n°/ml	d	pos	n°/ml	d
1	5.0	20	5	5.0	18
2	5.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

### VERIFICHE



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

Sez.	Msd	Hsd	Tsd	ln	A'Y	AY	MEd	HEd	TEd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(kN)	(kN)
b - b	-101.50	0.00	-30.01	0.80	15.71	15.71	403.82	0.00	275.35
d - d	208.57	131.06	85.12	0.80	15.71	10.05	550.45	131.06	270.87

(n.b.: N+ barra le tinte di interclassa, N- barra le tinte di estraclassa)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	108 di 116

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap.	Scorrimen	Res.Terren
								portante	to	o Valle
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	<b>EQU+M2+R2</b>	<b>1.10</b>	<b>1.50</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>1.40</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Dati	Terripieno								
		Angolo di attrito del terrapieno	φ'	=	29.26	(°)			
		Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )			
		Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)			
		Angolo di attrito terreno-paramento	φ <sub>terreno</sub>	=	19.51	(°)			
		Angolo di attrito terreno-superficie ideale	φ <sub>sup id</sub>	=	19.51	(°)			
		Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	8.00	(kN/m <sup>2</sup> )			
		Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ <sub>1</sub>	=	17.60	(°)			
		Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ <sub>1</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )			
		Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ <sub>d</sub>	=	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )			
		Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	2.20	(m)			
		Profondità Falda	Zw	=	0.00	(m)			
		Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.306		Valori di Normativa
		Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.368		
		Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.375		
		Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	1.87	(-)	1.867		
		Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	1.74	(-)	1.736		
		Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	1.72	(-)	1.722		

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

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

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	(B2*H3*γcls)/2	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	(B3*H3*γcls)	=	62.13	(kN/m)
Pm3 =	(B4*H3*γcls)/2	=	24.85	(kN/m)
Pm4 =	(B*H2*γcls)	=	85.50	(kN/m)
Pm5 =	(Bd*Hd*γcls)	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	172.48	(kN/m)

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

Pt1 =	(B5*H3*γ)	=	238.56	(kN/m)
Pt2 =	(0,5*(B4+B5)*H4*γ)	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	(3/4*H3*γ)/2	=	13.88	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	252.44	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	=	48.50	(kNm/m)
Mm3 =	Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	23.18	(kNm/m)
Mm4 =	Pm4*(B/2)	=	162.45	(kNm/m)
Mm5 =	Pm5*(B - 3/4*B)	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	237.21	(kNm/m)

- Terrapieno a scoppo del muro

Mt1 =	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	=	620.26	(kNm/m)
Mt2 =	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	25.18	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	645.44	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 109 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

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

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 115.99 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 53.89 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 94.68 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 43.99 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 38.74 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 18.00 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

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

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

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 185.26 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 147.23 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 129.11 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 68.40 \text{ (kNm)}$$

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

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

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

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

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

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1010.01 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 314.37 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.21 \text{ (-) } > 1$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	110 di 116

		coefficienti parziali									
		caso	azioni			proprietà del terreno			γ <sub>R</sub>		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan φ'	c'	c <sub>u</sub>	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle	
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
def.	●	<b>SLE</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	

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

Dati Terrapieno	Parametro	Valore	Unità
	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	δ	= 0.00 (°)
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ <sub>muro</sub>	= 23.35 (°)
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	δ <sub>sup id</sub>	= 23.35 (°)
Dati Terreno Fondazione	Parametro	Valore	Unità
	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	= 10.00 (kN/m <sup>2</sup> )
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	φ1'	= 21.63 (°)
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ1	= 20.00 (kN/m <sup>3</sup> )
	Peso Unità di Volume del Rintorno della Fondazione	γ <sub>ri</sub>	= 20.00 (kN/m <sup>3</sup> )
	Profondità Piano di Posi della Fondazione	H2	= 2.20 (m)
	Profondità Falda	Zw	= 0.00 (m)
Coefficienti di Stabilità	Parametro	Valore	Unità
	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	= 0.24 (-)
	Coeff. di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	= 0.30 (-)
	Coeff. di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	= 0.31 (-)
	Coeff. di Spinta Passiva in Fondazione	kp	= 2.17 (-)
	Coeff. di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	= 2.03 (-)
	Coeff. di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	= 2.01 (-)

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

Condizioni Statiche	Parametro	Valore	Unità
	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 (kN/m <sup>2</sup> )
Condizioni Sismiche	Parametro	Valore	Unità
	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 (kN/m <sup>2</sup> )

## VERIFICHE GEOTECNICHE

### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{sb})/2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{sb}) &= & 62.13 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{sb})/2 &= & 24.65 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{sb}) &= & 65.50 \text{ (kN/m)} \\
 Pm5 &= (B \cdot H5 \cdot \gamma_{sb}) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 152.28 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

- Peso del terreno sulla scarpata di monte del muro (P<sub>t</sub>)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 238.56 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2 &= & 19.55 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 258.11 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3) &= & 48.58 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4) &= & 28.18 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 162.45 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - 3/2 \cdot C) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 239.21 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= P1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5) &= & 620.26 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= P2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= P3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 25.18 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 645.44 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

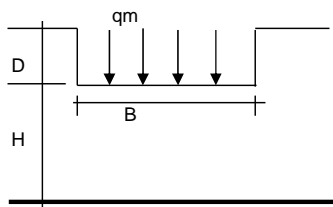
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 111 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	2.20	(m)
	D/B*	0.63	(m)
	H/B*	2.19	(m)
Carico unitario medio (qm)	$q_m = N / (B - 2*e) = N / B^*$	137.28	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.933	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.70	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	8.91	(mm)



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 112 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	----------------------------

### VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	62.13	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	24.85	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	85.50	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	172.48	(kN/m)

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	=	238.56	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma') / 2$	=	19.88	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	258.44	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	46.59	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	28.16	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	162.45	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	237.21	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	620.26	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	25.18	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	645.44	(kNm/m)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 113 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	----------------------------

### CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 84.22 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 28.69 \quad (\text{kN/m})$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 66.96 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 22.82 \quad (\text{kN/m})$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 33.37 \quad (\text{kN/m})$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 11.37 \quad (\text{kN/m})$$

Spinta passiva sul dente

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

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

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 131.02 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 126.81 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 66.96 \quad (\text{kN/m})$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 43.21 \quad (\text{kN/m})$$

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

#### FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

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

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

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

#### AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 475.66 \quad (\text{kN/m})$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 1052.66 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 197.99 \quad (\text{kNm/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 854.68 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 49.07 \quad (\text{kNm/m})$$

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 114 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

#### CALCOLI STATICI

##### DATI DI PROGETTO:

##### Caratteristiche dei Materiali

##### Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

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

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 6.20 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

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

##### Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

##### Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (MPa)

Es = 210000 (MPa)

##### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

##### Reazione del terreno

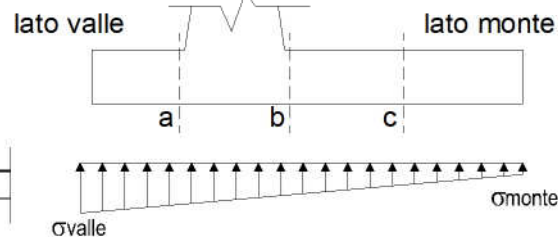
σ<sub>valle</sub> = N / A + M / W<sub>gg</sub>

σ<sub>monte</sub> = N / A - M / W<sub>gg</sub>

A = b\*h = 3.80 (m<sup>2</sup>)

W<sub>gg</sub> = b\*h<sup>2</sup>/6 = 2.41 (m<sup>3</sup>)

caso	N	M	σ <sub>valle</sub>	σ <sub>monte</sub>
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	475.66	49.07	145.56	104.78

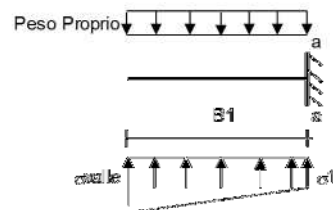


##### Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 22.50 (kN/m) peso proprio soletta fondazione

M<sub>a</sub> = σ<sub>1</sub>\*B<sup>2</sup>/2 + (σ<sub>valle</sub> - σ<sub>1</sub>)\*B<sup>2</sup>/3 - PP\*B<sup>2</sup>/2\*(1+kv)

caso	σ <sub>valle</sub>	σ <sub>1</sub>	M <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	145.56	140.30	15.18



##### Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione

PD = 2.00 (kN/m) peso proprio dente

p<sub>m</sub> = 93.40 (kN/m<sup>2</sup>)

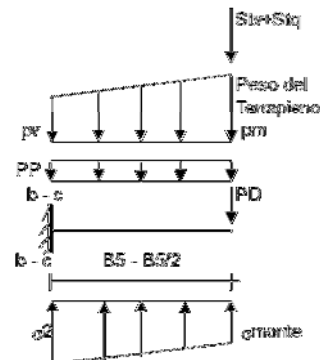
p<sub>vb</sub> = 95.40 (kN/m<sup>2</sup>)

p<sub>va</sub> = 93.40 (kN/m<sup>2</sup>)

M<sub>b</sub> = (σ<sub>monte</sub> - (p<sub>m</sub> + PP)) \* (1 + kv) \* (B/2)<sup>2</sup> / 2 + (σ<sub>vb</sub> - σ<sub>monte</sub>) \* (B/2) \* (p<sub>m</sub> + p<sub>vb</sub>) \* (1 + kv) \* (B/2)<sup>2</sup> / 3 - (p<sub>m</sub> + PP) \* (B/2) \* (1 + kv) \* (B/2 - B/2) - PD \* kv \* (H/2 + H/2) + M<sub>sp</sub> + Sp \* H/2

M<sub>c</sub> = (σ<sub>monte</sub> - (p<sub>m</sub> + PP)) \* (1 + kv) \* (B/2)<sup>2</sup> / 2 + (σ<sub>vb</sub> - σ<sub>monte</sub>) \* (B/2) \* (p<sub>m</sub> + p<sub>vb</sub>) \* (1 + kv) \* (B/2)<sup>2</sup> / 3 - (p<sub>m</sub> + PP) \* (B/2) \* (1 + kv) \* (B/2 - B/2) - PD \* kv \* (H/2 + H/2) + M<sub>sp</sub> + Sp \* H/2

caso	σ <sub>monte</sub>	σ <sub>vb</sub>	M <sub>b</sub>	σ <sub>vc</sub>	M <sub>c</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
statico	104.78	130.54	-131.95	117.88	-52.32



### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI

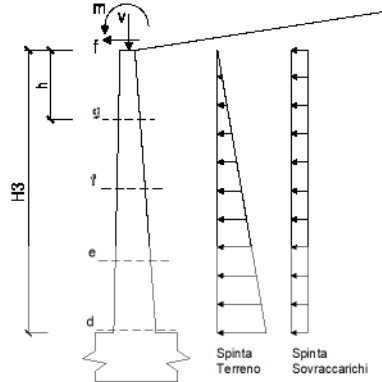
Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
LO703	213	E	16	OS0030	REL	01	A	115 di 116

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	=	0.22	(-)	S = 1.38 Categoria di suolo	
	<b>Coefficiente di riduzione dell'accelerazione</b>	$\beta$	=	<b>0.31</b>	<b>(-)</b>		
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no		bm = var.
	coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	=	0.0944	(-)		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico verticale	$k_v$	=	0.0472	(-)	0.278	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	$k_a$	=	0.28	(-)		
	componente orizzontale	$k_{ah}$	=	0.25	(-)		
	componente verticale e	$k_{av}$	=	0.13	(-)		
	Coeff. D Spinta Attiva Sismica su la parete	$k_{as}+$	=	0.34	(-)		0.337
	componente orizzontale	$k_{as}h+$	=	0.30	(-)		
	componente verticale e	$k_{as}v+$	=	0.16	(-)		
	Coeff. D Spinta Attiva Sismica su la parete	$k_{as}-$	=	0.34	(-)		0.343
componente orizzontale	$k_{as}h-$	=	0.30	(-)			
componente verticale e	$k_{as}v-$	=	0.16	(-)			

$$M_G = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 - \cos^2 \alpha) \cdot h^2 \cdot \gamma \cdot 3 \quad \text{e} \quad \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 - \cos^2 \alpha) \cdot h^2 \cdot \gamma \cdot 2 \quad (\text{con sisma})$$

$$M_G = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot h^2$$

$$M_{act} = m \cdot h^2$$

$$M_{inerzia} = 2 \cdot \gamma \cdot m \cdot h^2 \cdot k_a \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_G = \frac{1}{2} K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot (1 - \cos^2 \alpha) \cdot h^2$$

$$N_G = K_{a,vert} \cdot \gamma \cdot h$$

$$N_{act} = \gamma$$

$$N_{spinta} = 2 \cdot \gamma \cdot m \cdot h \cdot (1 - \cos \alpha)$$

#### condizione statica

sezione	h	M <sub>G</sub>	M <sub>G</sub>	M <sub>act</sub>	M <sub>act</sub>	M <sub>G</sub>	M <sub>G</sub>	M <sub>act</sub>	M <sub>act</sub>	N <sub>act</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
d-d	4.97	100.67	60.76	0.00	161.45	32.24	12.27	0.00	69.95	152.16
e-e	3.73	42.47	24.18	0.00	76.65	15.13	5.73	0.00	30.57	68.43
f-f	2.49	12.56	7.19	0.00	27.77	5.06	1.86	0.00	9.26	51.82
g-g	1.24	1.97	1.00	0.00	5.37	2.01	0.74	0.00	17.06	22.34

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

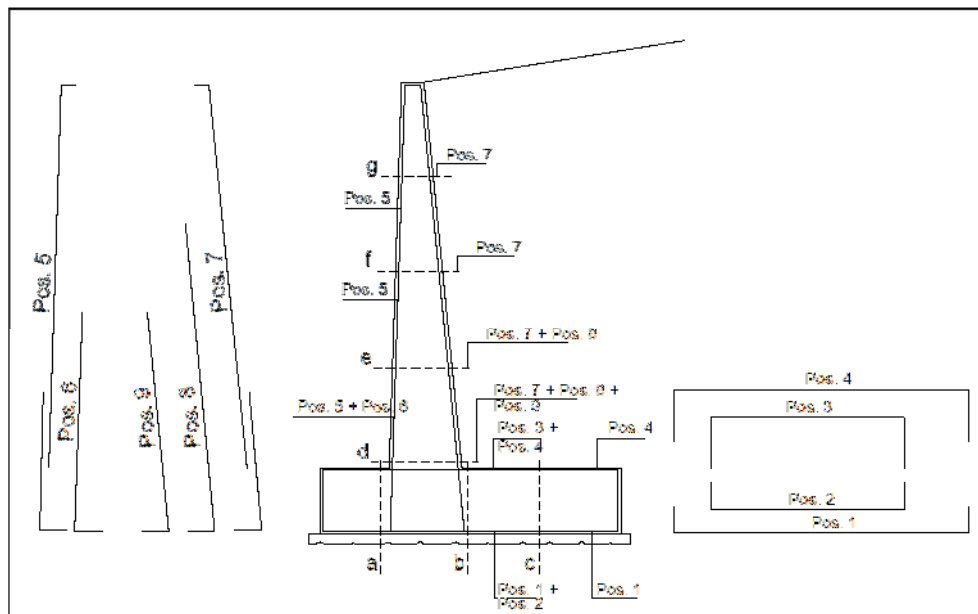
OPERE D'ARTE MINORI

Muro in c.a. dal Km 9+718 al Km 9+733

Relazione tecnica e di calcolo

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0030	Id.doc REL	N.prog. 01	Rev. A	Pag.di Pag. 116 di 116
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	---------------------------

### SCHEMA DELLE ARMATURE

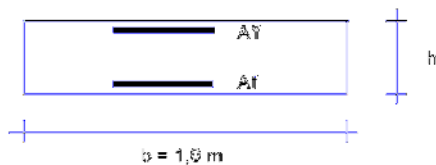


### ARMATURE

pos	m <sup>2</sup> /ml	φ	pos	m <sup>2</sup> /ml	φ
1	5.0	20	5	5.0	16
2	5.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	20
4	5.0	20	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcolo

### VERIFICHE



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

### Condizione Statica

Sez	M	N	h	A1	A2	σ <sup>c</sup>	σ <sup>t</sup>	w <sub>k</sub>	w <sub>lim</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
b - b	-131.85	0.00	0.90	15.71	15.71	1.74	107.40	0.142	0.200
c - c	161.43	132.18	0.90	15.71	10.05	2.26	93.00	0.121	0.200

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

**NB:** Le condizioni statiche si assume come azione di lunga durata e risultata (ψ<sub>2</sub>=0.5).