





**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 DEFINITIVO**

<b>CONTRAENTE GENERALE:</b>	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i>	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i>
	Ing. Federico Montanari	Ing. Salvatore Lieto

<i>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese</i>			
<i>Mandataria:</i>		<i>Mandanti:</i>	
			

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER I'ATI			
Ing. Antonio Grimaldi			
GEOLOGO			
Dott. Geol. Fabrizio Pontoni			
COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE			
Ing. Michele Curiale			

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO		
Ing. Giulio Petrizzelli		

<b>2.12 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: TIPOLOGICI</b> Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a. (muri)	SCALA:
	DATA:  Maggio 2017

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
	L0703	213	E	16	MU0000	REL	01	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Maggio 2017	Emissione per stralcio funzionale	M.Piscitelli	R.Piccirillo	S.Lieto	A.Grimaldi

## I N D I C E

<b>1. DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. UNITA' DI MISURA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....</b>	<b>7</b>
4.1 CALCESTRUZZO PARAMENTO MURI C25/30 .....	7
4.2 CALCESTRUZZO C32/40 .....	7
4.3 ACCIAIO DI ARMATURA B450C .....	8
<b>5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>9</b>
<b>6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA</b>	<b>10</b>
<b>7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI</b>	<b>12</b>
7.1 VERIFICA SLE .....	12
7.1.1 Verifiche delle tensioni .....	12
7.1.2 Verifiche a fessurazione .....	13
7.2 VERIFICHE ALLO SLU .....	14
7.2.1 Pressoflessione .....	14
7.2.2 Taglio .....	15
<b>8. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO</b>	<b>17</b>
8.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE .....	17
8.1.1 Verifica allo scorrimento .....	17
8.1.2 Verifica a carico limite .....	19
8.1.3 Verifica al Ribaltamento .....	21
8.2 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE .....	22
8.2.1 Richiami teorici ed impostazione delle analisi .....	22
8.2.2 Il metodo di BISHOP .....	24
8.2.3 Prescrizioni del DM 14-01-08 .....	24
8.2.4 Stabilità di opere di materiali sciolti e fronti di scavo .....	24
8.2.5 Verifiche in fase sismica .....	25
8.3 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08 .....	27
<b>9. ANALISI DEI PALI</b>	<b>29</b>
9.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE .....	29
9.2 METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI .....	30
9.3 CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI .....	31
9.4 IMPOSTAZIONI ANALISI PALI .....	34
<b>10. ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>35</b>
10.1 CARICHI FISSI .....	35
10.2 SPINTE DEL TERRENO .....	35
10.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI .....	37
10.4 AZIONI ECCEZIONALI (URTO VEICOLO IN SVIO) .....	39

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	16	MU0000	REL	01	A	3 di 116

10.5	AZIONE SISMICA.....	40
10.5.1	Forze d'inerzia.....	41
10.5.2	Effetti sismici sulle spinte del terreno.....	41
10.5.3	Effetti dell'Azione sismica sulla falda.....	41

## **11. COMBINAZIONI DI CALCOLO**

**42**

## **12. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE**

**44**

12.1	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO TIPO 1 .....	44
12.1.1	Modello di calcolo.....	44
12.1.2	Verifiche .....	46
12.2	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO TIPO 2 .....	52
12.2.1	Modello di calcolo.....	52
12.2.2	Verifiche strutturali .....	56
12.2.3	Verifiche capacità portante.....	61
12.3	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO TIPO 3 .....	62
12.3.1	Modello di calcolo.....	62
12.3.2	Verifiche strutturali .....	65
12.3.3	Verifiche capacità portante.....	71
12.4	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA TIPO 1 .....	72
12.4.1	Modello di calcolo.....	72
12.4.2	Verifiche .....	74
12.1	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA TIPO 2.....	81
12.1.1	Modello di calcolo.....	81
12.1.2	Verifiche strutturali .....	83
12.1.3	Verifiche capacità portante.....	89
12.2	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA TIPO 3.....	90
12.2.1	Modello di calcolo.....	90
12.2.2	Verifiche strutturali .....	92
12.3	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI CONTRORIPA TIPO 1 .....	99
12.3.1	Modelli di calcolo .....	99
12.3.2	Verifiche .....	101
12.4	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI CONTRORIPA TIPO 2.....	107
12.4.1	Modello di calcolo.....	107
12.4.2	Verifiche strutturali .....	111
12.4.3	Verifiche capacità portante.....	116

## 1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nella presente relazione vengono descritte le analisi e le verifiche strutturali relative ai muri di sostegno in c.a., ai muri di sottoscarpa in c.a. ed ai muri di controripa in c.a. che interessano gli stralci funzionali 3 e 4 di completamento del trattodella Pedemontana Marche. Le opere sono state suddivise per tipologie in base alla loro geometria, ed in particolar modo:

### ○ MURI DI SOSTEGNO

Denominazione	Hmax [m]	Lfond [m]	Sfond. [m]	n° Pali (Allineati)	Lpali [m]	i <sub>trav</sub> [m]	i <sub>long</sub> [m]
Sostegno Tipo 1*	3.00	3.8	0.6	-	-	-	-
Sostegno Tipo 2	6.5	4.6	1	2	16	2.6	2.4
Sostegno TIPO 3	8.7	6.5	1.3	3	18	2.45	2.4

\*dente h=1.2m

### ○ MURI DI SOTTOSCARPA

Denominazione	Hmax [m]	Lfond [m]	Sfond. [m]	n° Pali (Allineati)	Lpali [m]	i <sub>trav</sub> [m]	i <sub>long</sub> [m]
Sottoscarpa TIPO 1*	3.0	3.8	0.6	-	-	-	-
Sottoscarpa TIPO 2	4.5	4.6	1	2	16	2.6	2.4
Sottoscarpa TIPO 3	8.3	6.5	1.3	3	20	2.45	2.4

\*dente h=1.2m

**2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 5 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

 ○ **MURI DI CONTRORIPA**

<i>Denominazione</i>	<i>Hmax</i> <i>[m]</i>	<i>Lfond</i> <i>[m]</i>	<i>Sfond.</i> <i>[m]</i>	<i>n° Pali</i> <i>(Allineati)</i>	<i>Lpali</i> <i>[m]</i>	<i>i<sub>trav</sub></i> <i>[m]</i>	<i>i<sub>long</sub></i> <i>[m]</i>
<b>Controripa TIPO 1*</b>	3	3.8	0.6	-	-	-	-
<b>Controripa TIPO 2</b>	6.5	6.5	1.3	3	16	2.45	2.4

\*dente h=1.2m

Per maggiori dettagli ed una descrizione più completa si rimanda agli elaborati grafici che affiancano tale relazione.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 6 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

## 2. UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adatteranno le seguenti unità di misura:

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

## 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del progetto esecutivo si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

- D.M. 14/01/2008.  
*Norme tecniche per le costruzioni (NTC).*
- 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 EN1993 -1-1.  
*EUROCODICE 2, parte 1.1. Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Regole generali e regole per gli edifici.*
- UNI EN1993 -1-1.  
*EUROCODICE 3, parte 1.1. Progettazione delle strutture in acciaio. Regole generali e regole per gli edifici.*
- UNI EN1993 -1-2.  
*EUROCODICE 3. Parte 2. Progettazione delle strutture in acciaio. Ponti di acciaio.*
- UNI EN 1998-1.  
*EUROCODICE 8, parte 1. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici*
- UNI EN 1998-2.  
*EUROCODICE 8, parte 2. Ponti.*

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione delle strutture sono stati previsti i materiali di seguito descritti. Per i controlli si fa riferimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008

**Tabella – Calcestruzzi: classi di resistenza, classi di esposizione e specifiche**

Elemento	Classe	Classe di Esposizione	a/c	Tipi di cementi	Quantitativo di cemento [kg/m <sup>3</sup> ]	Classi di consistenza
Calcestruzzo per magrone di fondazione	C12/15	-	-	CEM III-IV	-	-
Calcestruzzo per strutture in Elevazione	C25/30	XC2	0.5	CEM III-IV	300	S4
Calcestruzzo armato fondazione	C32/40	XA2	0.5	CEM III-IV	360	S4

Per le barre d'armatura del calcestruzzo si utilizza acciaio ad aderenza migliorata B450C.

### 4.1 CALCESTRUZZO PARAMENTO MURI C25/30

- $R_{ck} = 30$  MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
- $f_{ck} = 24.9$  MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.9$  MPa resistenza cilindrica valore medio
- $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56$  MPa resistenza media a trazione semplice (assiale)
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79$  MPa resistenza caratteristica a trazione
- $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447$  MPa modulo elastico
- $\gamma = 25.0$  kN/m<sup>3</sup> peso per unità di volume

#### Resistenze di progetto allo SLU

- $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14.1$  MPa;  $\gamma_c = 1.50$  resistenza di progetto a compressione
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$  MPa resistenza di progetto a trazione

#### Resistenze di progetto allo SLE

- $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.9$  MPa tensione limite in comb. caratteristica (rara)
- $\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.2$  MPa tensione limite in comb. quasi permanente
- $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$  MPa tensione limite di fessurazione (trazione)

### 4.2 CALCESTRUZZO C32/40

- $R_{ck} = 40$  MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
- $f_{ck} = 32$  MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40$  MPa resistenza cilindrica valore medio
- $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.02$  MPa resistenza media a trazione semplice (assiale)
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12$  MPa resistenza caratteristica a trazione
- $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 33346$  MPa modulo elastico
- $\gamma = 25.0$  kN/m<sup>3</sup> peso per unità di volume

#### Resistenze di progetto allo SLU

- $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.1$  MPa;  $\gamma_c = 1.50$  resistenza di progetto a compressione
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.41$  MPa resistenza di progetto a trazione

#### Resistenze di progetto allo SLE

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 8 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

- $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$  tensione limite in comb. caratteristica (rara)
- $\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$  tensione limite in comb. quasi permanente
- $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = 2.52 \text{ MPa}$  tensione limite di fessurazione (trazione)

### 4.3 ACCIAIO DI ARMATURA B450C

- $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$  resistenza caratteristica di snervamento
- $f_{tk} = 540 \text{ MPa}$  resistenza caratteristica a rottura
- $E_s = 210000 \text{ MPa}$  modulo elastico

#### Resistenza di progetto allo SLU

- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391 \text{ MPa}; \gamma_s = 1.15$  resistenza di progetto a compressione

#### Resistenza di progetto allo SLE

- $\sigma_{s,r} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$  tensione limite in comb. rara



## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica specifica per l'opera in esame. Per dettagli si rimanda alla *Relazione Geotecnica Generale*.

Analizzando il profilo geologico geotecnico, con riferimento ai tratti di ubicazione delle opere di sostegno oggetto di dimensionamento, è possibile assumere cautelativamente, la seguente configurazione stratigrafica:

**Tabella 1 – Stratigrafia di riferimento**

Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	
Ecla	0 ÷ 8	Depositi Eluvio colluviali limoso argillosi
S4	> 8 e fino a max profondità di interesse	Substrato arenaceo pelitico (Formazione di Schlier)
<b>Falda:</b> La falda è riscontrata a profondità variabili da 4-9. Nelle analisi si assume cautelativamente un livello di <b>falda prossima al piano campagna</b>		

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

**Tabella 2 – Parametri geotecnici**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$E'_{op}$ [MPa]
Ecla (Ec2)	19.0	25	10	30
S4	23.0	31	120	150

$\gamma$  = peso di volume naturale

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

$c'$  = coesione drenata

$E'_{op}$  = modulo di deformazione elastico operativo

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

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

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

$c=0$     Coesione.

Opera	Traffo	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	16	MU0000	REL	01	A	10 di 116

## 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'opera è progettata per una vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ("Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.") ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso  $C_u = 1.5$ .

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

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

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

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

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

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

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

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 11 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Accelerazione ( $a_g$ ), fattore ( $F_0$ ) e periodo ( $T^*c$ ) per comune di riferimento - Fabriano

$V_R$ [anni]	Stato Limite	$PV_R$ -	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
75	SLO	81%	45	0.078	2.440	0.285
	SLD	63%	75	0.097	2.433	0.295
	SLV	10%	712	0.220	2.544	0.333
	SLC	5%	1462	0.277	2.584	0.343

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

- Categoria di suolo = B;
- Categoria topografica = T1;
- $S_s$ , fattore stratigrafico = 1.176;
- $S_T$ , fattore topografico = 1.0;
- $C_c$ , fattore correttivo del periodo  $TC^*$  = 1.371.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 12 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

## 7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

### 7.1 VERIFICA SLE

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

#### 7.1.1 Verifiche delle tensioni

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

#### CALCESTRUZZO C32/40

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

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

#### CALCESTRUZZO C25/30

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

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

#### ACCIAIO

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

### 7.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

Risultando in particolare: :

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

Nel caso in esame si ha:

- Per le strutture di fondazione:

Condizioni Ambientali: aggressive

Armature: Poco Sensibili

- Per le strutture in elevazione:

Condizioni Ambientali: Ordinarie

Armature: Poco Sensibili

Conseguentemente dovrà risultare:

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

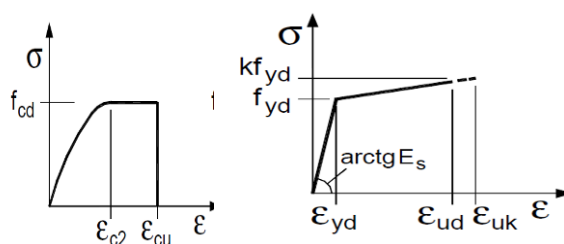
Combinazione Frequente :  $w \leq 0.3 \text{ mm}$

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

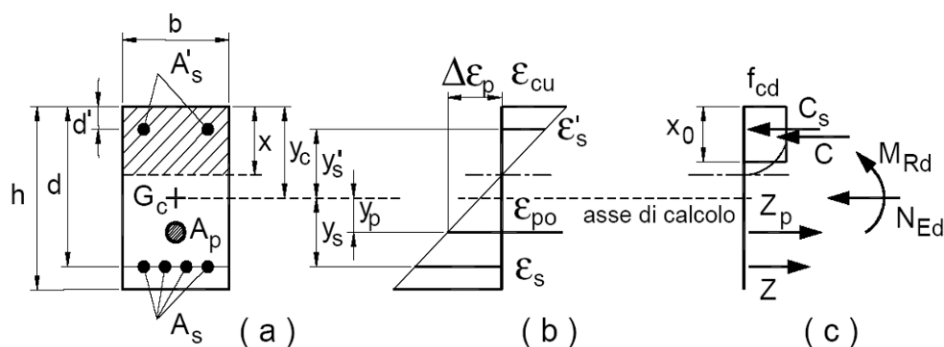
## 7.2 VERIFICHE ALLO SLU

### 7.2.1 Pressoflessione

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



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



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

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 15 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 7.2.2 Taglio

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essendo:

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

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

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

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

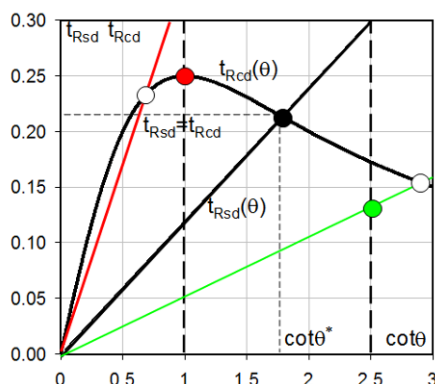
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 16 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



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

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

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

dove

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

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

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

$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 f_{cd}$
		1,25	per $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$
		$2.5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

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

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

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



## 8. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO

### 8.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE

Nei riguardi della stabilità Locale dei muri di sostegno, la normativa prevede di valutare le condizioni generali di equilibrio nei confronti dei meccanismi di scorrimento, ribaltamento e carico limite secondo quanto espoto ai paragrafi seguenti

#### 8.1.1 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$  stabilito dalla Normativa Vigente, ovvero

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro.

In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Per i casi del muro denominato tipo 1 (S), si è invece tenuto conto della presenza del dente previsto in fondazione nei riguardi della valutazione del meccanismo di scorrimento.

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppatasi lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo  $\varrho$  (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo volto a determinare il coefficiente di sicurezza a scorrimento minimo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

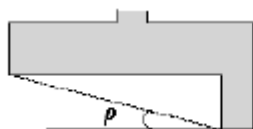
Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 18 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

trapezoidale. Detta  $N$  la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione,  $Q$  l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo,  $Sp$  la resistenza passiva,  $Lc$  l'ampiezza del cuneo e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $ca$  l'adesione terreno-fondazione e con  $Br$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$Fr = (N - Q) \cdot \operatorname{tg}(\delta_f) + Sp + ca \cdot Lr$$

con  $Lr = Br - Lc$



Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 19 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 8.1.2 Verifica a carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Essendo  $\eta_q \geq 1.0$  e comunque stabilito dalla normativa vigente.

Per le valutazioni del valore unitario del carico limite,  $q_u$ , è possibile ricorrere alle espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante, che si differenziano a secondo se si è in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

#### Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

#### Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui:

$d_c, d_q, d_\gamma$ , sono i fattori di profondità;

$s_c, s_q, s_\gamma$ , sono i fattori di forma;

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

$b_c, b_q, b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;

$g_c, g_q, g_\gamma$ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Risulta inoltre:

#### Fattori di forma

$$s_c = 0.2 B/L \quad \text{per } \phi=0$$

$$s_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L) \quad \text{per } \phi>0$$

$$s_q = 1 + (B/L) \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 B/L$$

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 20 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come:

$$k = D/B \quad \text{se } D/B \leq 1$$

$$k = \arctg(D/B) \quad \text{se } D/B > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come:

$$d_c = 0.4k \quad \text{per } \phi=0$$

$$d_c = 1 + 0.4k \quad \text{per } \phi>0$$

$$d_q = 1 + 2\text{tg}\phi(1 - \sin\phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indicando con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B'L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$   $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$i_c = 0.5 [ 1 - \sqrt{1 - H / (A_f c_a)} ] \quad \text{per } \phi = 0$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_q = [ 1 - (0.5 H) / (V + A_f c_a \text{tg}\phi) ]^5$$

$$i_\gamma = [ 1 - (0.7 H) / (V + A_f c_a \text{tg}\phi) ]^5 \quad \text{per } \eta = 0$$

$$i_\gamma = [ 1 - [(0.7 - \eta^\circ / 45^\circ) H] / (V + A_f c_a \text{tg}\phi) ]^5 \quad \text{per } \eta > 0$$

$c_a$  : adesione alla base delle fondazione

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$b_c = \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi=0$$

$$b_c = 1 - \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi>0$$

$$b_q = e^{-2\eta \text{tg}\phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \text{tg}\phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 21 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio i fattori  $g$  si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$g_c = \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$g_c = 1 - \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^\delta$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg} \delta + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### 8.1.3 Verifica al Ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ , stabilito dalla normativa vigente.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 22 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

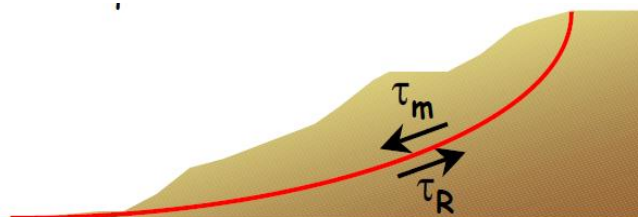
## 8.2 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Nel presente paragrafo sono illustrati i criteri generali seguiti per l'effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale del complesso opera di sostegno-terrapieno.

### 8.2.1 Richiami teorici ed impostazione delle analisi

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

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



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

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

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

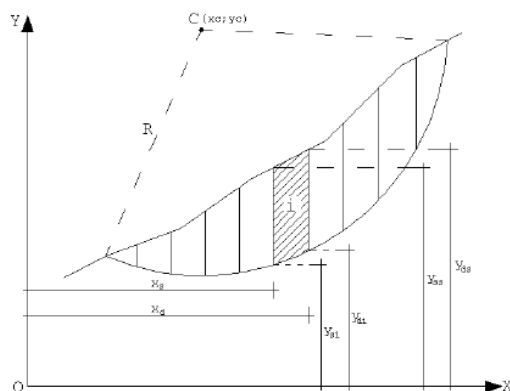
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

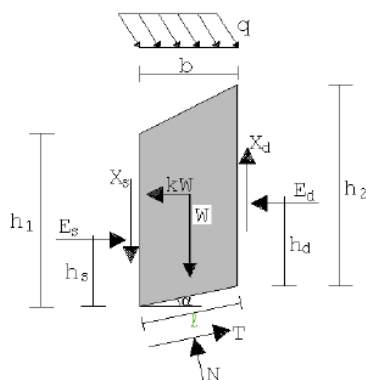
OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 23 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Il sistema di riferimento assunto è riportato in figura.



Per le valutazioni espone nel presente documento, si è fatto riferimento al metodo di Bishop, di cui al successivo paragrafo sono riportati alcuni richiami teorici.

La valutazione dei coefficienti di sicurezza, come evidenziato dai risultati delle analisi espone nel seguito, è stata effettuata in particolare rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare l'opera.

Si specifica infine che per il caso dei muri fondati su pali, tale verifica viene omessa in quanto non significativa.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 24 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 8.2.2 Il metodo di BISHOP

Il coefficiente di sicurezza nei riguardi della Stabilità Globale del complesso opera-terreno si esprime secondo il metodo di Bishop, mediante la relazione:

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

con

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

dove n è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  ed  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della basedella striscia i-esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia i-esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di  $\eta$ .

Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### 8.2.3 Prescrizioni del DM 14-01-08

Il DM 14.01.08 affronta il tema della Stabilità Globale distinguendo il caso dei Pendii Naturali da quello delle opere in terra in materiali sciolti e fronti di scavo, fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si è ritenuto di dover adottare, nelle verifiche nel seguito esposte, i criteri suggeriti dalla norma per il caso dei "Fronti di Scavo e rilevati"; nel seguito si riportano dunque, per maggiore chiarezza espositiva, le specifiche normative a riguardo, ed a seguire, i risultati delle verifiche effettuate con riferimento a diversi casi di calcolo di paratie di sostegno esaminati ai paragrafi precedenti.

### 8.2.4 Stabilità di opere di materiali sciolti e fronti di scavo

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

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.1, 6.2.II e 6.8.I.



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 25 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano completamente 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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

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

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

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

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

### 8.2.5 Verifiche in fase sismica

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

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

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

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

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 26 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

Per quanto riguarda invece il caso dei **Fronti di Scavo e Rilevati**, di riferimento per le analisi esposte nel presente documento, al punto 7.11.4 "Fronti di Scavo e Rilevati", si specifica che Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali. Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando i coefficienti parziali di cui al § 7.11.1.

Riguardo i valori dei coefficienti sismici  $K_h$  e  $K_v$ , si ritiene in questo caso di dover adottare i valori già definiti in precedenza nell'ambito del paragrafo 7.1.2 dedicato alla valutazione degli effetti sismici per il dimensionamento delle paratie, trattandosi in questo caso di una verifica di stabilità di un fronte di scavo sostenuto da un'opera di sostegno, che pertanto condiziona la risposta sismica locale del volume di terreno immediatamente a monte della stessa.

**7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE**

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

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

La circolare applicativa n°17 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2:  $(A_2 + M_2 + R_2)$ , utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali  $A_2$  come specificato al § 7.11.1.

In definitiva, per il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, anche in fase sismica, il coefficiente di sicurezza minimo prescritto dalla Normativa è pari a  $R_2 = 1.1$  ( $\gamma_R$ ).

### 8.3 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili, devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
  - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
  - scorrimento sul piano di posa;
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
  - ribaltamento;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 - **Combinazione 2: (A2+M2+R2)**

Le rimanenti verifiche devono essere invece effettuate secondo uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

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

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e della Tabelle 6.5.I e 6.8.I per ciò che concerne i coefficienti parziali sulle resistenze che di seguito si riportano per maggiore chiarezza.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_E$ (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	$\gamma_{Gt}$	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.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 28 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_r$	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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

Nel caso in esame si è fatto riferimento all'approccio di Verifica 1,

Le verifiche in condizioni sismiche vanno infine effettuati con gli stessi criteri di cui sopra, ponendo pari dell'unità i coefficienti parziali sulle Azioni ( $A1=1 / A2=1$ ), in accordo a quanto specificato al punto 7.11.1 del DM 14.01.08

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 29 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

## 9. ANALISI DEI PALI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro previsti in progetto e per i pali dei muri andatori.

### 9.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 14/01/2008. "Norme tecniche per le costruzioni"). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

$F_{cd}$  = carico assiale di compressione di progetto;

$R_{cd}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

$R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

Combinazione 1:  $A1 + M1 + R1$

Combinazione 2 :  $A2 + M1 + R2$

Approccio 2:

Combinazione 1:  $A1 + M1 + R3$

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (vedasi tabella seguente) alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

Per ogni opera verrà assunto un coefficiente  $\xi_3$  in funzione delle verticali di indagine eseguite. Nella tabella si riassumono i fattori di sicurezza assunti per ciascuna opera d'arte principale.

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vanno condotte con riferimento all'Approccio 2 ( $A1+M1+R3$ ), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 30 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

**Tabella 3 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

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

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

**Tabella 4 - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine**

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

## 9.2 METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Qd = Q_{ll} / FSL + Q_{bl} / FSB - W'p$$

dove:

$Q_{ll}$  = portata laterale limite,

$Q_{bl}$  = portata di base limite,

$W'p$  = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato),

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale ( $=\xi_3 \cdot \gamma_s$ ).

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base ( $=\xi_3 \cdot \gamma_b$ ).

### 9.3 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE DEI PALI

Nella seguente tabella si riportano i parametri principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame.

I parametri di calcolo della portanza dei pali vengono riportati nella seguente tabella:

**Tabella 5 – Parametri per il calcolo della capacità portante dei pali**

Approccio	verticali indagate	$\xi_s$	$\gamma_s$	$\gamma_b$	$F_{sl}$ (compressione)	$F_{sl}$ (trazione)	$F_{sb}$	Quota testa palo da p.c. [m]	falda da p.c. [m]
2 (A1+M1+R3)	2	1.65	1.15	1.35	1.90	2.06	2.2	1.5	0.0

I parametri geotecnici adottati per la valutazione della portanza dei pali di fondazione vengono illustrati nella seguente tabella:

**Tabella 6 – Parametri geotecnici adottati per la portanza dei pali di fondazione**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	cu [kPa]	$\sigma_{c,media}'$ [MPa]
Ecla	19.0	50 ÷ 150	-
S4	23.0	-	1.5

$\gamma$  = peso di volume naturale  
 cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $\sigma_{c,media}'$  = resistenza a compressione monoassiale media

Nella tabella seguente si riportano i valori della portata di progetto ( $Q_d$ ) per l'opera in esame; il significato dei termini riportati è il seguente:

- $L_p$  = Lunghezza utile del palo
- $Q_{ll}$  = Portata laterale limite
- $Q_{bl}$  = Portata di base limite
- $W_p$  = Peso efficace del palo
- $Q_u$  = Portata totale limite
- $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{ll}/F_{s, l} + Q_{bl}/F_{s, b} - W_p$

**2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**
**OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI**

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 32 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

**Tabella – Capacità portante palo D=800 mm**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	432.	0.	432.	196.
.50	11.	463.	1.	472.	215.
1.00	25.	494.	3.	516.	235.
1.50	42.	525.	4.	563.	257.
2.00	62.	555.	5.	613.	280.
2.50	86.	586.	6.	666.	305.
3.00	112.	617.	8.	722.	332.
3.50	142.	648.	9.	781.	360.
4.00	174.	679.	10.	843.	390.
4.50	210.	710.	11.	908.	422.
5.00	249.	741.	13.	977.	455.
5.50	291.	881.	14.	1159.	540.
6.00	337.	1022.	15.	1344.	627.
6.50	386.	1163.	16.	1532.	715.
7.00	455.	1304.	18.	1741.	814.
7.50	627.	1445.	19.	2053.	968.
8.00	815.	1586.	20.	2382.	1130.
8.50	1004.	1728.	21.	2710.	1292.
9.00	1192.	1869.	23.	3039.	1454.
9.50	1381.	2011.	24.	3367.	1617.
10.00	1569.	2011.	25.	3555.	1715.
10.50	1758.	2011.	26.	3742.	1813.
11.00	1946.	2011.	28.	3929.	1911.
11.50	2135.	2011.	29.	4116.	2009.
12.00	2323.	2011.	30.	4304.	2106.
12.50	2512.	2011.	31.	4491.	2204.
13.00	2700.	2011.	33.	4678.	2302.
13.50	2889.	2011.	34.	4865.	2400.
14.00	3077.	2011.	35.	5053.	2498.
14.50	3266.	2011.	36.	5240.	2596.
15.00	3454.	2011.	38.	5427.	2694.
15.50	3643.	2011.	39.	5614.	2792.
16.00	3831.	2011.	40.	5802.	2890.
16.50	4020.	2011.	41.	5989.	2988.
17.00	4208.	2011.	43.	6176.	3086.
17.50	4397.	2011.	44.	6363.	3184.
18.00	4585.	2011.	45.	6550.	3282.
18.50	4774.	2011.	46.	6738.	3380.
19.00	4962.	2011.	48.	6925.	3478.
19.50	5151.	2011.	49.	7112.	3576.
20.00	5339.	2011.	50.	7299.	3674.
20.50	5528.	2011.	52.	7487.	3772.
21.00	5716.	2011.	53.	7674.	3870.
21.50	5905.	2011.	54.	7861.	3968.
22.00	6093.	2011.	55.	8048.	4065.
22.50	6282.	2011.	57.	8236.	4163.
23.00	6470.	2011.	58.	8423.	4261.
23.50	6659.	2011.	59.	8610.	4359.
24.00	6847.	2011.	60.	8797.	4457.
24.50	7036.	2011.	62.	8985.	4555.
25.00	7224.	2011.	63.	9172.	4653.
25.50	7413.	2011.	64.	9359.	4751.
26.00	7601.	2011.	65.	9546.	4849.
26.50	7790.	2011.	67.	9734.	4947.
27.00	7978.	2011.	68.	9921.	5045.
27.50	8166.	2011.	69.	10108.	5143.
28.00	8355.	2011.	70.	10295.	5241.
28.50	8543.	2011.	72.	10482.	5339.



**2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**
**OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI**

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

**Tabella – Capacità portante a trazione palo D=800 mm**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	11.	0.	-4.	15.	9.
1.00	25.	0.	-8.	32.	20.
1.50	42.	0.	-11.	53.	32.
2.00	62.	0.	-15.	77.	45.
2.50	86.	0.	-19.	104.	60.
3.00	112.	0.	-23.	135.	77.
3.50	142.	0.	-26.	168.	95.
4.00	174.	0.	-30.	204.	115.
4.50	210.	0.	-34.	244.	136.
5.00	249.	0.	-38.	287.	158.
5.50	291.	0.	-41.	332.	183.
6.00	337.	0.	-45.	382.	209.
6.50	386.	0.	-49.	435.	236.
7.00	455.	0.	-53.	508.	274.
7.50	627.	0.	-57.	683.	361.
8.00	815.	0.	-60.	875.	456.
8.50	1004.	0.	-64.	1068.	551.
9.00	1192.	0.	-68.	1260.	647.
9.50	1381.	0.	-72.	1452.	742.
10.00	1569.	0.	-75.	1645.	837.
10.50	1758.	0.	-79.	1837.	932.
11.00	1946.	0.	-83.	2029.	1028.
11.50	2135.	0.	-87.	2221.	1123.
12.00	2323.	0.	-90.	2414.	1218.
12.50	2512.	0.	-94.	2606.	1313.
13.00	2700.	0.	-98.	2798.	1409.
13.50	2889.	0.	-102.	2990.	1504.
14.00	3077.	0.	-106.	3183.	1599.
14.50	3266.	0.	-109.	3375.	1695.
15.00	3454.	0.	-113.	3567.	1790.
15.50	3643.	0.	-117.	3759.	1885.
16.00	3831.	0.	-121.	3952.	1980.
16.50	4020.	0.	-124.	4144.	2076.
17.00	4208.	0.	-128.	4336.	2171.
17.50	4397.	0.	-132.	4529.	2266.
18.00	4585.	0.	-136.	4721.	2361.
18.50	4774.	0.	-139.	4913.	2457.
19.00	4962.	0.	-143.	5105.	2552.
19.50	5151.	0.	-147.	5298.	2647.
20.00	5339.	0.	-151.	5490.	2743.
20.50	5528.	0.	-155.	5682.	2838.
21.00	5716.	0.	-158.	5874.	2933.
21.50	5905.	0.	-162.	6067.	3028.
22.00	6093.	0.	-166.	6259.	3124.
22.50	6282.	0.	-170.	6451.	3219.
23.00	6470.	0.	-173.	6643.	3314.
23.50	6659.	0.	-177.	6836.	3409.
24.00	6847.	0.	-181.	7028.	3505.
24.50	7036.	0.	-185.	7220.	3600.
25.00	7224.	0.	-188.	7413.	3695.
25.50	7413.	0.	-192.	7605.	3791.
26.00	7601.	0.	-196.	7797.	3886.
26.50	7790.	0.	-200.	7989.	3981.
27.00	7978.	0.	-204.	8182.	4076.
27.50	8166.	0.	-207.	8374.	4172.
28.00	8355.	0.	-211.	8566.	4267.
28.50	8543.	0.	-215.	8758.	4362.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 9.4 IMPOSTAZIONI ANALISI PALI

<u>Numero elementi palo</u>	40
<u>Tipo carico palo</u>	Distribuito
<u>Calcolo della portanza</u>	metodo di Berezantzev

#### Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Spostamento limite pari a 1.50 cm

Palo infinitamente elastico

#### Andamento pressione verticale

Geostatica

#### Coefficienti di sicurezza

Carichi orizzontali 2.00

## 10. ANALISI DEI CARICHI

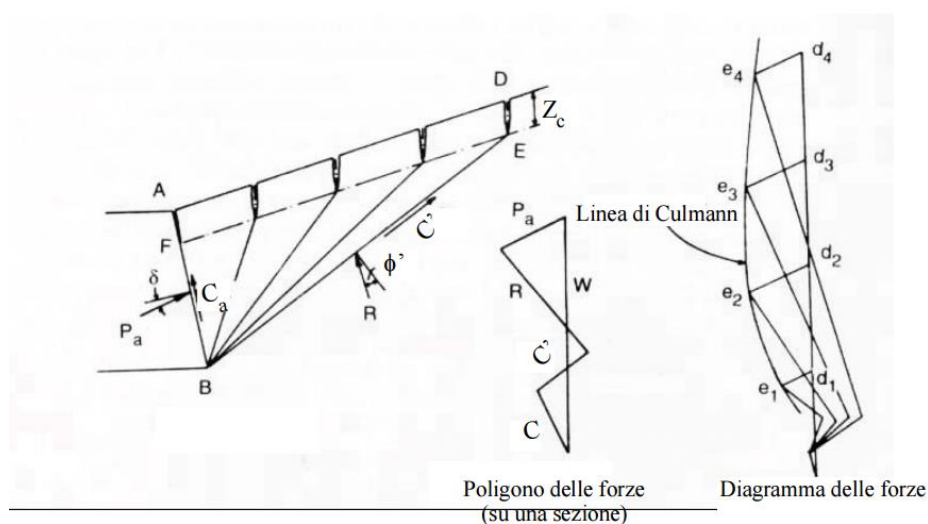
### 10.1 CARICHI FISSI

Per carichi fissi si intendono le azioni associate ai pesi propri del muro e del terrapieno spingente, valutati in automatico dal Software di calcolo utilizzato.

A tal riguardo, al calcestruzzo strutturale costituente il muro è stato assegnato un peso dell'unità di Volume  $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$ , mentre per il terreno si è assunto  $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$

### 10.2 SPINTE DEL TERRENO

Per la valutazione delle spinte del terreno in fase statica, si è fatto riferimento al metodo di Culmann, che ben si adatta a superfici di pendio a monte dell'opera di forma generica.



Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb.

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cono di tentativo).

Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\theta$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cono di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cono di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C'$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $C_A$ );
- dal poligono di equilibrio si ricava quindi il valore della spinta  $S$  sulla parete ( $P_a$ ).

+

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano quindi derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Analogamente, nota la Spinta complessiva  $S$ , è possibile ricavare eventualmente in maniera indiretta, il valore del coefficiente di spinta  $K_a$  della nota espressione di Coulomb:

$$S = 1/2 \times \gamma \times H^2 \times K_a$$

Si precisa infine che per la valutazione delle spinte al terreno di rilevato sono state assegnati i seguenti parametri fisico –meccanici:

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

$$c' = 0$$

$$\varphi' = 35$$

$$\delta = 0.5\varphi' \text{ (attrito terra muro)}$$

### 10.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

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

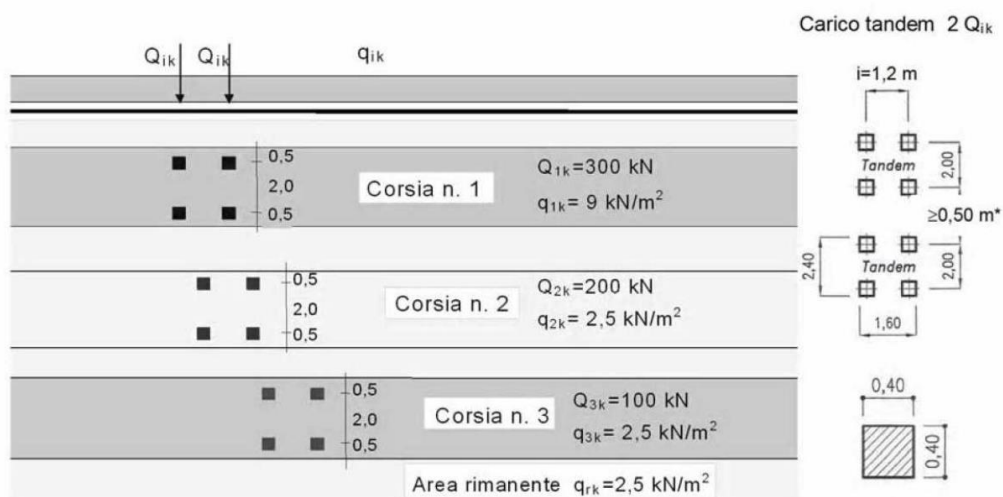


Figura 1 – Schema di carico 1

Lo schema di carico di Normativa, è in particolare costituito dalle seguenti colonne di carico:

- una colonna di carichi (ingombro = 3 m) costituita da un automezzo convenzionale  $Q_{1k}$  di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m; un carico ripartito  $q_{1k}$  di 9 kN/m<sup>2</sup> uniformemente distribuito;
- una seconda colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN di  $Q_{1k}$  e 2.5 kN/m<sup>2</sup> di  $q_{1k}$  e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- una terza colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di  $Q_{1k}$  e 2.5 kN/m<sup>2</sup> di  $q_{1k}$  e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- un carico uniforme  $q_{rk} = 2.5\text{ kN/m}^2$  nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

Ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati  $Q_{ik}$ , in un carico distribuiti equivalente,

tenendo conto tuttavia dell'effetto collaborazione dei muri in direzione longitudinale, in relazione a cui si è ipotizzato che detti carichi vadano ad interessare uno sviluppo complessivo longitudinale di muro di circa 5m, corrispondente, nel caso fondazioni su pali, alla lunghezza di un tratto tipo comprendente la singola fila di pali e le due adiacenti.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 38 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

In questa ipotesi risulta dunque:

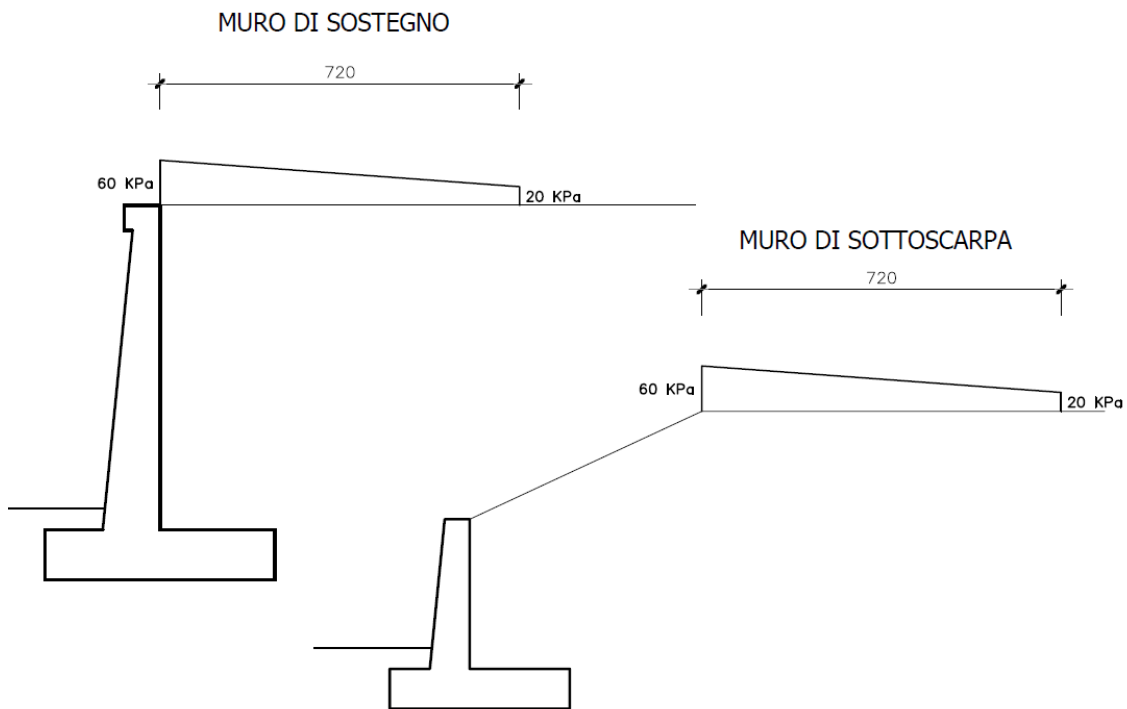
$$Q1k d = 600 / 2.40 \times 5.00 = 50 \text{ KN/m}^2$$

$$Q2k d = 400 / 2.40 \times 5.00 = 33 \text{ KN/m}^2$$

$$Q3k d = 200 / 2.40 \times 5.00 = 17 \text{ KN/m}^2$$

In aggiunta, sul lato corsia 1, va considerato un ulteriore carico distribuito di 9KN/m<sup>2</sup>, mentre sul lato corsia 3, il carico aggiuntivo è pari a 2.5 KN/m<sup>2</sup>.

In definitiva, nell'ipotesi di disporre le tre corsie in affiancamento, è possibile considerare, ai fini delle analisi, il carico uniforme equivalente negli schemi di figura seguente:



Schemi Carico Azioni da traffico Veicolare

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 39 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 10.4 AZIONI ECCEZIONALI (URTO VEICOLO IN SVIO)

Per il caso dei muri di sostegno, essendo prevista l'installazione del sicurvita in corrispondenza della sezione di testa, si è tenuto conto della eventuale presenza di un'azione eccezionale rappresentativa dell'urto di un veicolo in svio, valutata in accordo a quanto specificato al prg 3.6.3.3.2 del DM 14.01.08.

Ipotizzando pertanto, in analogia a quanto assunto al paragrafo precedente che l'azione d'urto chiami a collaborare un tratto di muro di estensione longitudinale pari a 5m, risulta:

<b>F<sub>tot</sub> =</b>	<b>100.0</b>	KN	
<b>h<sub>tn</sub> =</b>	<b>1.5</b>	m	(altezza da testa muro)
<b>M<sub>tm</sub> =</b>	<b>150.0</b>	KNm	
<b>Riepilogo azioni a testa muro / m =</b>			
<b>L<sub>d</sub> =</b>	<b>5.0</b>	m	(lunghezza di diffusione)
<b>q<sub>h</sub> =</b>	<b>20</b>	KN/m	(azione orizzontale per metro di muro)
<b>m<sub>h</sub> =</b>	<b>30</b>	KNm/m	(momento ribaltante per metro di muro)

*Tale azione va considerata agente solo per i muri di sostegno e non per quelli di controripa.*

## 10.5 AZIONE SISMICA

Per la Valutazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse e sui coefficienti di spinta del terreno, si è fatto riferimento al metodo pseudo-statico previsto al punto 7.11.3.5.2 - "Metodi di Analisi" - delle NTC secondo il quale, nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

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

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

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

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

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

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

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

Tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso dei muri su pali) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0. Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso all'opera e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

Nel caso in specie si ha:

- Per i muri su fondazione diretta:
  - $a_g/g = 0.220$ ;
  - $a_{max}/g = 0.259$
  - $\beta_m = 0.31$ ;
  - $k_h = 0.080$
- Per i muri su pali:
  - $a_g/g = 0.220$ ;
  - $a_{max}/g = 0.259$
  - $\beta_m = 1$ ;
  - $k_h = 0.259$



Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 10.5.1 Forze d'inerzia

Per le verifiche in fase sismica verranno pertanto applicate a tutti carichi fissi le seguenti forze d'inerzia:

$$F_h = K_h \cdot W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma})$$

$$F_v = \pm 0.5 K_h \cdot W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma})$$

essendo  $W_i$  il peso dell'elemento in esame o l'entità del carico fisso.

### 10.5.2 Effetti sismici sulle spinte del terreno

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta.

Per le verifiche in fase sismica infatti, nell'equazione risolutiva dell'equilibrio del cuneo, vengono infatti aggiunte anche le forze d'inerzia proprie del Cuneo  $F_h$  e  $F_v$ .

La superficie di rottura nel caso di sisma risulta generalmente meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### 10.5.3 Effetti dell'Azione sismica sulla falda

Normalmente gli effetti idrodinamici considerati per il calcolo delle paratie sono calcolati con il metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) e sono applicate sempre come pressioni esterne. La pressione idrodinamica viene calcolata come in particolare come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

$H$  è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

$z_w$  è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

## 11. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Si riporta nel seguito il riepilogo delle Combinazioni di Carico esaminate per l'Analisi e Verifica dei muri di Sottoscarpa.

### Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

#### Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
SOVRACCARICO STRADALE	SFAV	1.50	1.00	1.50

#### Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

#### Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

#### Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

#### Combinazione n° 6 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

#### Combinazione n° 7 - Frequente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
SOVRACCARICO STRADALE	SFAV	1.00	0.75	0.75

#### Combinazione n° 8 - Rara (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
SOVRACCARICO STRADALE	SFAV	1.00	1.00	1.00

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 43 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Si riporta nel seguito il riepilogo delle Combinazioni di Carico esaminate per l'Analisi e Verifica dei muri di sostegno.

### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

### Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
SOVRACCARICO STRADALE	SFAV	1.50	1.00	1.50

### Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Urto Veicolo	SFAV	1.50	1.00	1.50

### Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n° 6 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n° 7 - Frequente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
SOVRACCARICO STRADALE	SFAV	1.00	0.75	0.75

### Combinazione n° 8 - Rara (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
SOVRACCARICO STRADALE	SFAV	1.00	1.00	1.00

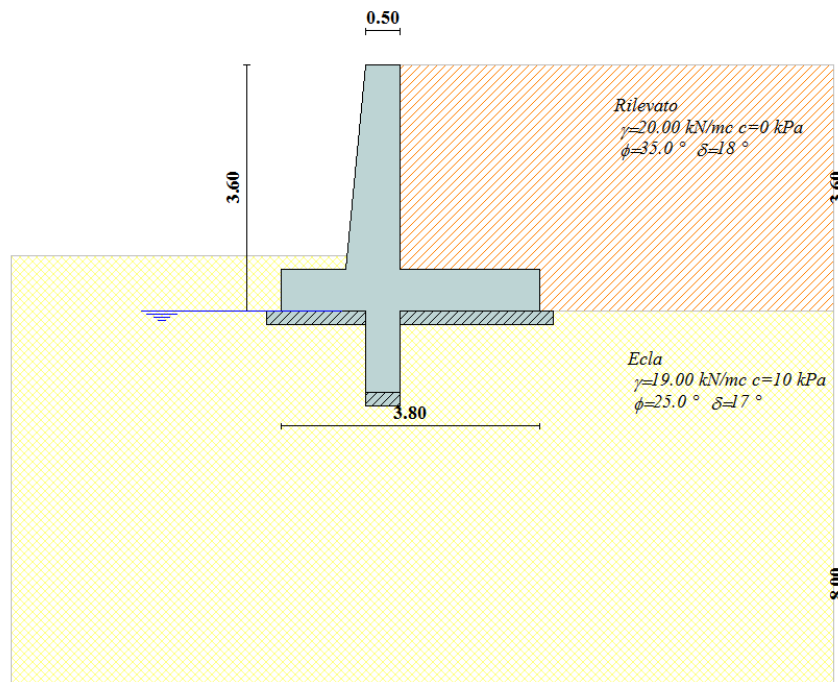
## 12. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

Si riportano di seguito risultati delle analisi e verifiche delle diverse sezioni tipo dei muri

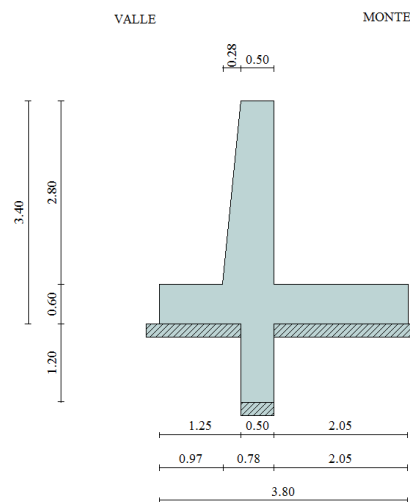
### 12.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO TIPO 1

#### 12.1.1 Modello di calcolo

Di seguito si riporta la rappresentazione del modello di calcolo adottato.



Modello di calcolo muro



Geometria muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

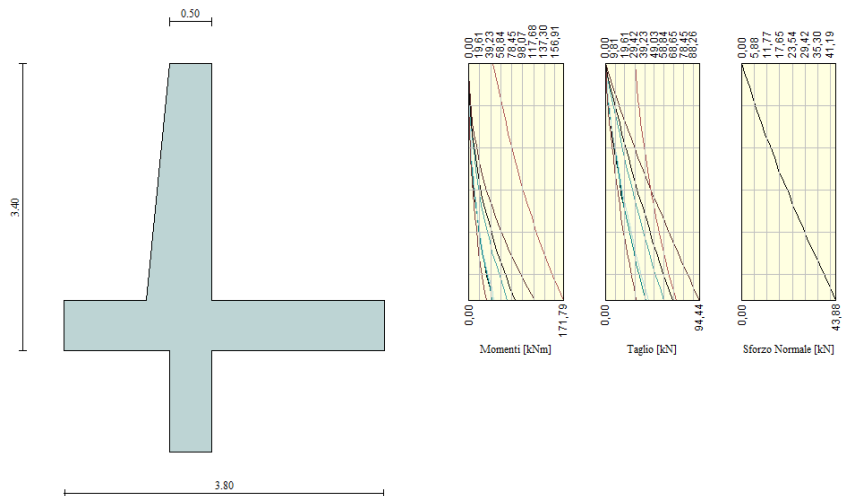
OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 45 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	2,25	9,72	--	58,1666	0,0000
2	EQU - [1]	--	6,81	--	--	--	58,8511	0,0000
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2,66	53,5010	0,0000
4	A1-M1 - [2]	--	--	1,82	5,00	--	108,2406	0,0000
5	EQU - [2]	--	5,57	--	--	--	120,9327	0,0000
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,70	107,2958	0,0000
7	A1-M1 - [3]	--	--	1,57	6,30	--	58,1666	0,0000
8	EQU - [3]	--	2,31	--	--	--	58,8511	0,0000
9	STAB - [3]	--	--	--	--	2,66	53,5010	0,0000
10	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1,74	9,44	--	44,7435	7,5161
11	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,76	8,76	--	44,7435	11,3980
12	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	4,37	--	--	--	53,5010	7,8205
13	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	5,26	--	--	--	53,5010	12,4679
14	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2,18	53,5010	12,4679
15	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2,20	53,5010	7,8205
16	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	1,76	8,76	--	44,7435	11,3980
17	SLEQ - [1]	--	--	2,88	10,60	--	44,7435	0,0000
18	SLEF - [1]	--	--	2,32	7,04	--	69,7556	0,0000
19	SLER - [1]	--	--	2,22	6,32	--	78,1149	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



### Inviluppo sollecitazioni sul muro

### 12.1.2 Verifiche

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ14/20	1φ12/20	FONDAZIONE	1φ14/20	1φ14/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

#### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

##### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	45,0000	0,0000	30,0000
2	0,15	1,8662	1,8662	0,0659	49,5659	0,9953	30,9953
3	0,30	3,7873	3,7873	0,2775	54,2775	2,1325	32,1325
4	0,45	5,7633	5,7633	0,6555	59,1555	3,4078	33,4078
5	0,60	7,7941	7,7941	1,2200	64,2200	4,8204	34,8204
6	0,75	9,8799	9,8799	1,9912	69,4912	6,3703	36,3703
7	0,90	12,0205	12,0205	2,9894	74,9894	8,0209	38,0576
8	1,05	14,2160	14,2160	4,2346	80,7346	9,7965	39,8822
9	1,20	16,4663	16,4663	5,7376	86,7472	11,6972	41,8441
10	1,35	18,7716	18,7716	7,5102	93,0472	13,7229	43,9433
11	1,50	21,1317	21,1317	9,5785	99,6548	15,8738	46,3252
12	1,65	23,5467	23,5467	11,9609	106,5903	18,1497	51,5502
13	1,80	26,0166	26,0166	14,6757	113,8738	20,5508	56,8827
14	1,95	28,5413	28,5413	17,7413	121,5255	23,0769	62,3228
15	2,10	31,1210	31,1210	21,1759	129,5655	25,7282	67,8707
16	2,25	33,7555	33,7555	24,9981	138,0142	28,5045	73,5262
17	2,40	36,4449	36,4449	29,2260	146,8916	31,4060	79,2896
18	2,55	39,1891	39,1891	33,8782	156,2179	34,4325	85,1608
19	2,70	41,9883	41,9883	38,9728	166,0134	37,5841	91,1400
20	2,85	44,8423	44,8423	44,5284	176,2982	40,8608	97,2271
21	3,00	47,7512	47,7512	50,5624	187,0916	44,2433	103,4050

##### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,15	1,8662	1,8662	0,0491	0,2060	0,7656	2,8559
3	0,30	3,7873	3,7873	0,2070	0,8336	1,6403	5,8105
4	0,45	5,7633	5,7633	0,4895	1,8964	2,6214	8,8529
5	0,60	7,7941	7,7941	0,9119	3,4070	3,7080	11,9807
6	0,75	9,8799	9,8799	1,4899	5,3777	4,9003	15,1939
7	0,90	12,0205	12,0205	2,2387	7,8208	6,1982	18,4925
8	1,05	14,2160	14,2160	3,1739	10,7489	7,6017	21,8766
9	1,20	16,4663	16,4663	4,3108	14,1743	9,1108	25,3462
10	1,35	18,7716	18,7716	5,6648	18,1095	10,7256	28,9015
11	1,50	21,1317	21,1317	7,2515	22,5668	12,4460	32,5423
12	1,65	23,5467	23,5467	9,0862	27,5588	14,2721	36,2689

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 47 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

13	1,80	26,0166	26,0166	11,1844	33,0978	16,2037	40,0812
14	1,95	28,5413	28,5413	13,5615	39,1963	18,2410	43,9793
15	2,10	31,1210	31,1210	16,2329	45,8668	20,3840	47,9632
16	2,25	33,7555	33,7555	19,2141	53,1217	22,6325	52,0329
17	2,40	36,4449	36,4449	22,5204	60,9734	24,9867	56,1885
18	2,55	39,1891	39,1891	26,1674	69,4346	27,4465	60,4301
19	2,70	41,9883	41,9883	30,1705	78,5175	30,0120	64,7576
20	2,85	44,8423	44,8423	34,5450	88,2348	32,6831	69,1711
21	3,00	47,7512	47,7512	39,3058	98,5984	35,4429	73,6568

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000770	0,000770	0,00	0,00	2,96	173,53	--	--
2	0,15	1,00, 0,51	0,000770	0,000770	5,23	-138,84	2,80	177,75	--	--
3	0,30	1,00, 0,53	0,000770	0,000770	10,07	-144,38	2,66	181,95	--	--
4	0,45	1,00, 0,54	0,000770	0,000770	14,61	-149,91	2,53	186,13	--	--
5	0,60	1,00, 0,56	0,000770	0,000770	18,87	-155,45	2,42	190,31	--	--
6	0,75	1,00, 0,57	0,000770	0,000770	22,89	-160,99	2,32	194,48	--	--
7	0,90	1,00, 0,59	0,000770	0,000770	26,69	-166,53	2,22	198,64	--	--
8	1,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	30,30	-172,07	2,13	202,80	--	--
9	1,20	1,00, 0,62	0,000770	0,000770	33,71	-177,61	2,05	206,94	--	--
10	1,35	1,00, 0,63	0,000770	0,000770	36,95	-183,16	1,97	211,08	--	--
11	1,50	1,00, 0,65	0,000770	0,000770	40,01	-188,70	1,89	215,21	--	--
12	1,65	1,00, 0,66	0,000770	0,000770	42,91	-194,23	1,82	219,34	--	--
13	1,80	1,00, 0,68	0,000770	0,000770	45,64	-199,76	1,75	223,46	--	--
14	1,95	1,00, 0,69	0,000770	0,000770	48,21	-205,28	1,69	227,57	--	--
15	2,10	1,00, 0,71	0,000770	0,000770	50,63	-210,79	1,63	231,68	--	--
16	2,25	1,00, 0,72	0,001539	0,001539	104,45	-427,07	3,09	235,79	--	--
17	2,40	1,00, 0,74	0,001539	0,001539	108,67	-438,01	2,98	239,90	--	--
18	2,55	1,00, 0,75	0,000770	0,000770	57,01	-227,24	1,45	244,00	--	--
19	2,70	1,00, 0,77	0,000770	0,000770	58,85	-232,69	1,40	248,09	--	--
20	2,85	1,00, 0,78	0,000770	0,000770	60,57	-238,12	1,35	252,19	--	--
21	3,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	62,16	-243,53	1,30	256,28	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000770	0,000770	0	0	0	0
2	0,15	1,00, 0,51	0,000770	0,000770	8	7	-39	-107
3	0,30	1,00, 0,53	0,000770	0,000770	30	14	431	-383
4	0,45	1,00, 0,54	0,000770	0,000770	73	21	1936	-849
5	0,60	1,00, 0,56	0,000770	0,000770	129	27	4497	-1446
6	0,75	1,00, 0,57	0,000770	0,000770	199	33	8014	-2156
7	0,90	1,00, 0,59	0,000770	0,000770	279	40	12424	-2973

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 48 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

8	1,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	369	46	17675	-3889
9	1,20	1,00, 0,62	0,000770	0,000770	468	51	23727	-4897
10	1,35	1,00, 0,63	0,000770	0,000770	575	57	30542	-5992
11	1,50	1,00, 0,65	0,000770	0,000770	690	63	38086	-7170
12	1,65	1,00, 0,66	0,000770	0,000770	811	68	46330	-8425
13	1,80	1,00, 0,68	0,000770	0,000770	939	74	55248	-9752
14	1,95	1,00, 0,69	0,000770	0,000770	1073	79	64815	-11149
15	2,10	1,00, 0,71	0,000770	0,000770	1212	84	75010	-12611
16	2,25	1,00, 0,72	0,001539	0,001539	981	89	44029	-11287
17	2,40	1,00, 0,74	0,001539	0,001539	1088	94	49837	-12536
18	2,55	1,00, 0,75	0,000770	0,000770	1658	99	109168	-17360
19	2,70	1,00, 0,77	0,000770	0,000770	1815	104	121689	-19054
20	2,85	1,00, 0,78	0,000770	0,000770	1975	109	134755	-20800
21	3,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	2140	114	148351	-22595

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	0,00	1000,00	199,57	--	--
2	0,09	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	343,95	199,57	--	--
3	0,19	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	86,70	199,57	--	--
4	0,28	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	38,86	199,57	--	--
5	0,38	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	22,04	199,57	--	--
6	0,48	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	14,23	199,57	--	--
7	0,57	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	9,96	199,57	--	--
8	0,67	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	7,38	199,57	--	--
9	0,76	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	5,70	199,57	--	--
10	0,85	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	4,55	199,57	--	--
11	0,95	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	3,71	199,57	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
12	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0	0	0	0
13	0,09	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	7	9	520	-64
14	0,19	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	29	19	2108	-259
15	0,28	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	67	29	4806	-590
16	0,38	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	121	40	8658	-1063
17	0,48	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	191	51	13705	-1683
18	0,57	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	279	62	19991	-2454
19	0,67	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	384	74	27557	-3383
20	0,76	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	508	86	36447	-4474
21	0,85	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	651	98	46702	-5733
22	0,95	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	814	111	58366	-7165

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	0,00	1000,00	199,57	--	--
2	0,20	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	104,79	199,57	--	--
3	0,41	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	26,87	199,57	--	--
4	0,61	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	12,26	199,57	--	--



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

5	0,82	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	7,09	199,57	--	--
6	1,02	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	4,66	199,57	--	--
7	1,23	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	3,33	199,57	--	--
8	1,43	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	2,52	199,57	--	--
9	1,64	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	1,99	199,57	--	--
10	1,84	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	1,62	199,57	--	--
11	2,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	1,36	199,57	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
12	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0	0	0	0
13	0,20	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	10	6	742	-91
14	0,41	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	36	9	2590	-318
15	0,61	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	69	10	4974	-611
16	0,82	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	102	10	7326	-899
17	1,02	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	127	10	9075	-1114
18	1,23	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	148	10	10620	-1304
19	1,43	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	181	-9	12948	-1590
20	1,64	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	208	-20	14944	-1835
21	1,84	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	229	-33	16423	-2016
22	2,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	240	-49	17200	11115

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	94	100	80	245	verificato	Spilli Φ10/40x40
Fondazione	88	100	100	220	verificato	Elemento non armato a taglio

### VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

L'analisi di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop semplificato a portato alla seguente superficie di scorrimento critica:

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

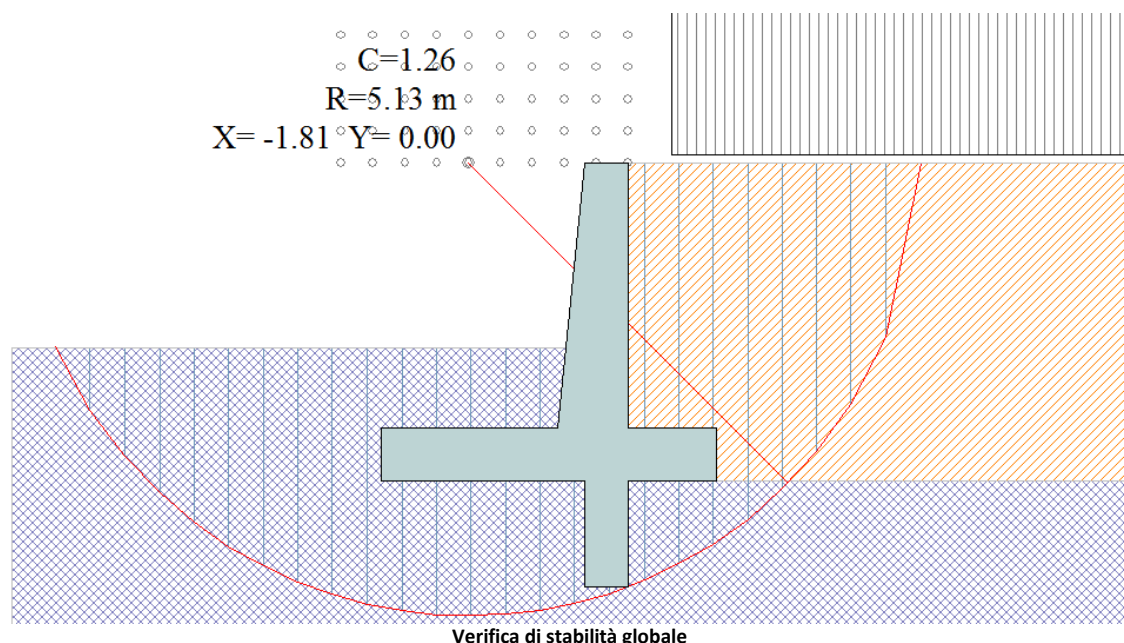
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 50 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



### VERIFICHE STRUTTURALI DEL DENTE DI FONDAZIONE

La verifica del dente di fondazione è condotta considerando agente a valle del dente la spinta passiva secondo una distribuzione triangolare di pendenza " $\gamma K_p$ ", dove il coefficiente di spinta passiva è stato valutato secondo la formulazione di Rankine:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

In tal modo si sono ottenute le seguenti sollecitazioni per metro di lunghezza:

$$V_{sd} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_d^2 = 35,95 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_d^3 = 14,4 \text{ kNm/m}$$

dove  $h_d$  è l'altezza del dente di fondazione pari a 120 cm.

Con queste sollecitazioni si sono effettuate le verifiche allo SLU e allo SLE ottenendo i seguenti risultati:

Geometrie							
b (cm)	H (cm)	c (cm)	d (cm)	Ac (mm <sup>2</sup> )			
50	100	5	115,0	500000			
Armature							
Armature taglio					Armature longitudinali .		
nb	$\varnothing$	p(cm)	Asw(mm <sup>2</sup> )	a°	n	$\varnothing$	mm <sup>2</sup>

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 51 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Armature							
Armature taglio					Armature longitudinali .		
nb	∅	p(cm)	Asw(mm2)	a°	n	∅	mm2
2,5	10,0	40	196,35	90	5	14	769,7

### Verifiche allo SLU

Mx (daN*cm/cm)	My (daN*cm/cm)	N (daN/cm)	CS,Ncost
144000	0	0	18.83 > 1

Vsd (KN)	VRcd (KN)	VRsd (KN)	Vrd (KN)	C (Vrd/Vsd)	Esito
35.95	1159,25	194,48	194,48	5,40	Soddisfatta

### Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Me	Ne	Es/Ec	Wk(mm)	Srm(mm)	fctd
135000	0	15	0	0	14.1

### VERIFICHE GETECNICHE

Si riportano di seguito i coefficienti di sicurezza per la valutazione della capacità portante nonché i coefficienti di sicurezzi minimi provenienti dalla analisi.

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

**Coeff. capacità portante**

$$N_c = 23.94$$

$$N_q = 13.20$$

$$N_\gamma = 9.46$$

**Fattori forma**

$$s_c = 1,00$$

$$s_q = 1,00$$

$$s_\gamma = 1,00$$

**Fattori inclinazione**

$$i_c = 0,76$$

$$i_q = 0,76$$

$$i_\gamma = 0,32$$

**Fattori profondità**

$$d_c = 1,10$$

$$d_q = 1,05$$

$$d_\gamma = 1,05$$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 19.95$$

$$N'_q = 10.50$$

$$N'_\gamma = 3.22$$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

$$2.22$$

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

$$6.32$$

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	16	MU0000	REL	01	A	52 di 116

## 12.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO TIPO 2

### 12.2.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata,  $K$ . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $K_h$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

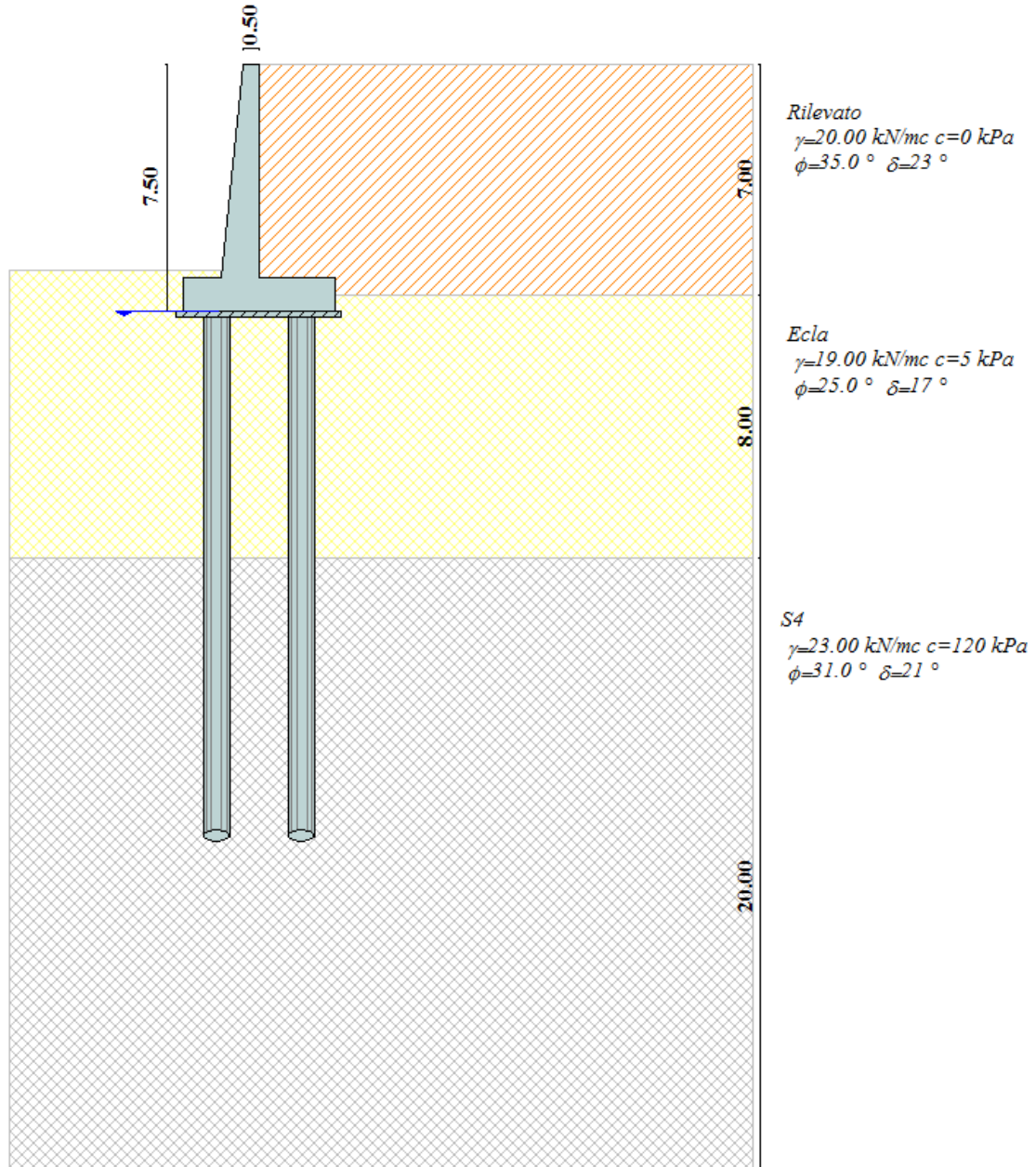
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 53 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Modello di calcolo muro su PALI

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

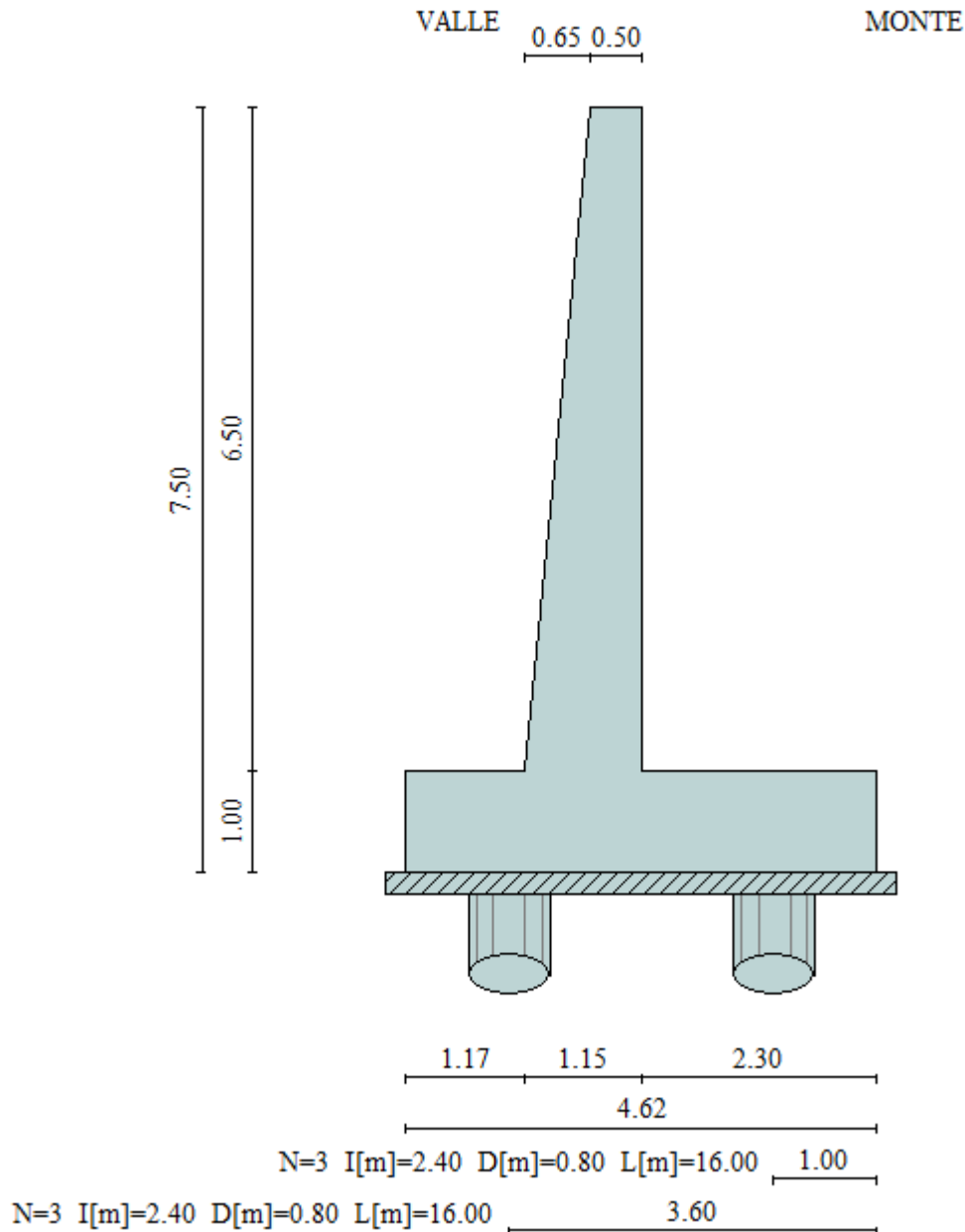
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 54 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Geometria muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

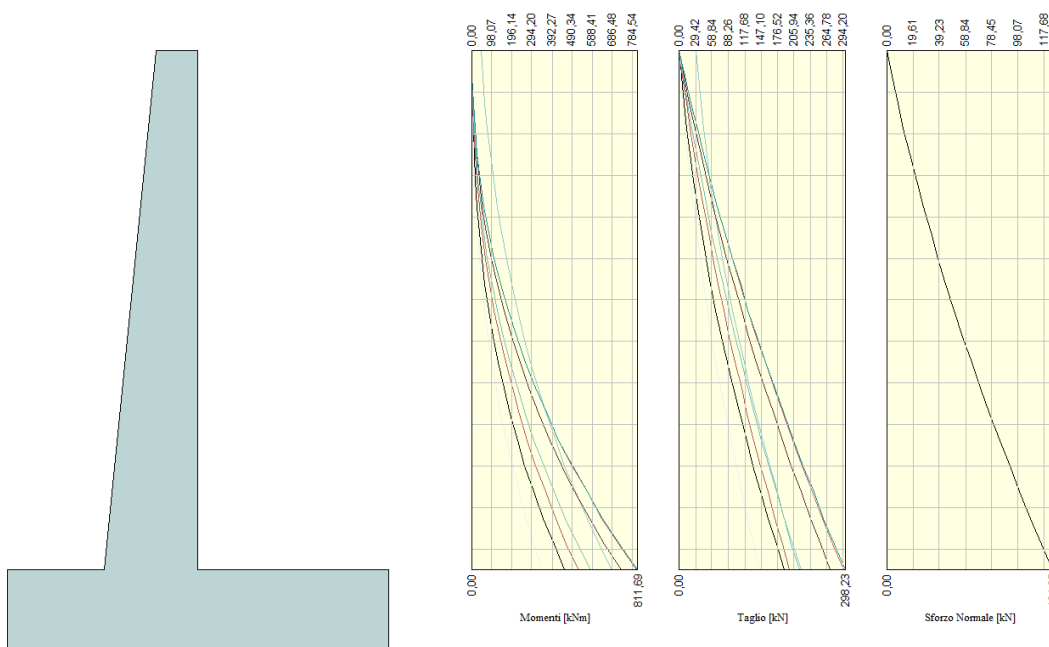
OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 55 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	268,2318	0,0000
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	369,0437	0,0000
3	A1-M1 - [3]	--	--	--	--	--	268,2318	0,0000
4	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	206,1935	134,7790
5	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	206,1935	172,3064
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	206,1935	0,0000
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	256,4844	0,0000
8	SLEP - [1]	--	--	--	--	--	273,3478	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



### Involuppo sollecitazioni sul muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 56 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 12.2.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ24/20	1φ20/20	FONDAZIONE	1φ24/20	1φ24/10

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

#### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

##### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	45,0000	0,0000	30,0000
2	0,31	3,9499	3,9499	0,5835	54,9585	4,0267	34,0267
3	0,63	8,1379	8,1379	2,4521	66,2021	8,6319	38,6319
4	0,94	12,5642	12,5642	5,7819	78,9069	13,8086	43,8086
5	1,25	17,2286	17,2286	10,7473	93,2473	19,5551	49,5551
6	1,56	22,1313	22,1313	17,5226	109,3976	25,8714	56,1513
7	1,88	27,2721	27,2721	26,2822	127,5322	32,7576	68,7977
8	2,19	32,6511	32,6511	37,2003	147,8253	40,2135	81,9148
9	2,50	38,2683	38,2683	50,4513	170,4513	48,2393	95,5029
10	2,81	44,1237	44,1237	66,2096	195,5846	56,8349	109,6404
11	3,13	50,2172	50,2172	84,6495	223,3995	66,0003	124,3076
12	3,44	56,5490	56,5490	105,9452	254,0702	75,7356	139,4716
13	3,75	63,1189	63,1189	130,2711	287,7711	86,0406	155,1324
14	4,06	69,9271	69,9271	157,8016	324,6766	96,9155	171,2899
15	4,38	76,9734	76,9734	188,7110	368,0259	108,3602	187,9443
16	4,69	84,2579	84,2579	223,1736	428,1630	120,3747	205,0954
17	5,00	91,7806	91,7806	261,3637	493,6214	132,9590	222,7433
18	5,31	99,5415	99,5415	303,4557	564,5527	146,1132	240,8880
19	5,63	107,5406	107,5406	349,6239	641,1082	159,8371	259,5294
20	5,94	115,7778	115,7778	400,0426	723,4396	174,1309	278,6677
21	6,25	124,2533	124,2533	454,8786	811,6925	188,9033	298,2325

##### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,31	3,9499	3,9499	0,4418	1,0937	3,0975	7,2600
3	0,63	8,1379	8,1379	1,8574	4,4531	6,6399	14,9073
4	0,94	12,5642	12,5642	4,3815	10,1936	10,6220	22,9291
5	1,25	17,2286	17,2286	8,1473	18,4279	15,0424	31,3223
6	1,56	22,1313	22,1313	13,2881	29,2682	19,9011	40,0872
7	1,88	27,2721	27,2721	19,9370	42,8270	25,1981	49,2241
8	2,19	32,6511	32,6511	28,2274	59,2168	30,9335	58,7331
9	2,50	38,2683	38,2683	38,2925	78,5503	37,1072	68,6144
10	2,81	44,1237	44,1237	50,2654	100,9400	43,7192	78,8681
11	3,13	50,2172	50,2172	64,2795	126,4986	50,7695	89,4945



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 57 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

12	3,44	56,5490	56,5490	80,4680	155,3389	58,2581	100,4935
13	3,75	63,1189	63,1189	98,9641	187,5735	66,1851	111,8654
14	4,06	69,9271	69,9271	119,9010	223,3153	74,5504	123,6103
15	4,38	76,9734	76,9734	143,4121	262,6772	83,3540	135,7283
16	4,69	84,2579	84,2579	169,6304	305,7719	92,5959	148,2193
17	5,00	91,7806	91,7806	198,6894	352,7123	102,2762	161,0837
18	5,31	99,5415	99,5415	230,7221	403,6114	112,3947	174,3213
19	5,63	107,5406	107,5406	265,8618	458,5821	122,9516	187,9324
20	5,94	115,7778	115,7778	304,2418	517,7374	133,9468	201,9169
21	6,25	124,2533	124,2533	345,9895	581,1852	145,3103	216,2152

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,001527	0,001272	0,00	0,00	5,77	186,53	--	--
2	0,31	1,00, 0,53	0,003563	0,001272	45,88	-638,39	11,62	255,70	--	--
3	0,63	1,00, 0,56	0,003563	0,001272	84,68	-688,86	10,41	263,84	--	--
4	0,94	1,00, 0,59	0,003563	0,001272	117,72	-739,30	9,37	271,84	--	--
5	1,25	1,00, 0,62	0,003563	0,001272	145,90	-789,67	8,47	279,71	--	--
6	1,56	1,00, 0,66	0,003563	0,001272	169,91	-839,89	7,68	287,46	--	--
7	1,88	1,00, 0,69	0,003563	0,001272	190,30	-889,92	6,98	295,12	--	--
8	2,19	1,00, 0,72	0,003563	0,001272	207,56	-939,73	6,36	302,68	--	--
9	2,50	1,00, 0,75	0,003563	0,001272	222,11	-989,29	5,80	310,15	--	--
10	2,81	1,00, 0,78	0,003563	0,001272	234,31	-1038,60	5,31	317,55	--	--
11	3,13	1,00, 0,81	0,003563	0,001781	245,99	-1094,34	4,90	324,87	--	--
12	3,44	1,00, 0,84	0,003563	0,001781	254,46	-1143,27	4,50	332,14	--	--
13	3,75	1,00, 0,87	0,003563	0,001781	261,43	-1191,93	4,14	339,34	--	--
14	4,06	1,00, 0,91	0,003563	0,001781	267,14	-1240,34	3,82	346,49	--	--
15	4,38	1,00, 0,94	0,003563	0,001781	269,31	-1287,62	3,50	353,59	--	--
16	4,69	1,00, 0,97	0,003563	0,001781	262,00	-1331,38	3,11	360,65	--	--
17	5,00	1,00, 1,00	0,003563	0,001781	255,72	-1375,34	2,79	367,66	--	--
18	5,31	1,00, 1,03	0,003563	0,001781	250,28	-1419,45	2,51	374,64	--	--
19	5,63	1,00, 1,06	0,007125	0,003563	481,36	-2869,63	4,48	476,73	--	--
20	5,94	1,00, 1,09	0,003563	0,001781	241,35	-1508,10	2,08	388,50	--	--
21	6,25	1,00, 1,12	0,003563	0,001781	237,67	-1552,58	1,91	395,38	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,001527	0,001272	0	0	0	0
2	0,31	1,00, 0,53	0,003563	0,001272	30	17	292	-391
3	0,63	1,00, 0,56	0,003563	0,001272	104	34	1759	-1304
4	0,94	1,00, 0,59	0,003563	0,001272	211	49	4319	-2618
5	1,25	1,00, 0,62	0,003563	0,001272	343	63	7840	-4257
6	1,56	1,00, 0,66	0,003563	0,001272	496	77	12221	-6165

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 58 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

7	1,88	1,00, 0,69	0,003563	0,001272	666	89	17380	-8297
8	2,19	1,00, 0,72	0,003563	0,001272	849	102	23252	-10619
9	2,50	1,00, 0,75	0,003563	0,001272	1044	114	29784	-13103
10	2,81	1,00, 0,78	0,003563	0,001272	1249	125	36930	-15728
11	3,13	1,00, 0,81	0,003563	0,001781	1415	136	44393	-17823
12	3,44	1,00, 0,84	0,003563	0,001781	1629	147	52625	-20592
13	3,75	1,00, 0,87	0,003563	0,001781	1849	158	61375	-23458
14	4,06	1,00, 0,91	0,003563	0,001781	2074	168	70622	-26409
15	4,38	1,00, 0,94	0,003563	0,001781	2304	178	80346	-29440
16	4,69	1,00, 0,97	0,003563	0,001781	2539	188	90531	-32541
17	5,00	1,00, 1,00	0,003563	0,001781	2778	198	101163	-35709
18	5,31	1,00, 1,03	0,003563	0,001781	3020	207	112228	-38937
19	5,63	1,00, 1,06	0,007125	0,003563	2400	216	63332	-32117
20	5,94	1,00, 1,09	0,003563	0,001781	3515	226	135619	-45561
21	6,25	1,00, 1,12	0,003563	0,001781	3766	235	147924	-48949

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	1590,35	297,79	--	--
2	0,15	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	113,84	297,79	--	--
3	0,30	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	56,89	297,79	--	--
4	0,45	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	30,49	297,79	--	--
5	0,59	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	11,89	297,79	--	--
6	0,73	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	10,14	3002,72	3002,72	3193,35
7	0,86	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	9,00	3002,72	3002,72	3193,35
8	0,99	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	737,27	5,26	297,79	--	--
9	1,17	1,00, 1,00	0,002036	0,002545	0,00	918,55	1,75	297,79	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
10	0,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	2	3	90	137
11	0,15	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	34	11	2009	1337
12	0,30	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	66	19	3893	2156
13	0,45	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	121	40	7171	5644
14	0,59	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	349	83	12091	20767
15	0,73	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	415	121	17175	24657
16	0,86	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	406	303	24113	5184
17	0,99	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	708	466	42048	-8420
18	1,17	1,00, 1,00	0,002036	0,002545	2541	688	132152	-31027

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	737,27	1000,00	297,79	--	--
2	0,15	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	116,13	297,79	--	--
3	0,30	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	56,23	297,79	--	--
4	0,45	1,00, 1,00	0,002036	0,002290	0,00	-737,46	27,27	297,79	--	--
5	0,60	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	14,94	1502,75	3002,72	1502,75
6	0,73	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	9,86	1596,67	3002,72	1596,67
7	0,87	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	7,35	1596,67	3002,72	1596,67

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 59 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

8	1,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	5,73	1596,67	3002,72	1596,67
9	1,13	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	4,29	1596,67	3002,72	1596,67
10	1,27	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	3,32	1596,67	3002,72	1596,67
11	1,40	1,00, 1,00	0,002290	0,002036	0,00	-828,05	2,99	3002,72	3002,72	4508,25
12	1,55	1,00, 1,00	0,002290	0,002036	0,00	-828,05	2,37	3002,72	3002,72	4257,80
13	1,70	1,00, 1,00	0,002290	0,002036	0,00	-828,05	1,90	3002,72	3002,72	4257,80
14	1,85	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	1,41	3002,72	3002,72	4257,80
15	2,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	0,00	-737,27	1,20	3002,72	3002,72	4257,80
16	2,15	1,00, 1,00	0,002545	0,002036	0,00	-918,55	1,29	3002,72	3002,72	4257,80
17	2,30	1,00, 1,00	0,003308	0,002036	0,00	-1188,42	1,45	3002,72	3002,72	8515,59

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
18	0,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	4	0	219	-44
19	0,15	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	37	0	597	2216
20	0,30	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	104	0	-1237	6178
21	0,45	1,00, 1,00	0,002036	0,002290	194	0	-2302	11701
22	0,60	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	363	0	-4323	21588
23	0,73	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	555	0	-6604	32980
24	0,87	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	718	0	-8544	42668
25	1,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	866	0	-10307	51470
26	1,13	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	1003	0	-11932	59585
27	1,27	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	1124	0	-13375	66794
28	1,40	1,00, 1,00	0,002290	0,002036	1164	0	-14041	64448
29	1,55	1,00, 1,00	0,002290	0,002036	1300	0	-15682	71983
30	1,70	1,00, 1,00	0,002290	0,002036	1524	0	-18393	84427
31	1,85	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	1888	0	-22463	112178
32	2,00	1,00, 1,00	0,002036	0,002036	2237	0	-26613	132899
33	2,15	1,00, 1,00	0,002545	0,002036	2451	0	-29923	127448
34	2,30	1,00, 1,00	0,003308	0,002036	2725	0	-34129	120886

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	0,00	0,001527	0,001272	-66,67	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,31	0,003563	0,001272	-84,53	-0,44	0,0000	0,00	0,000
3	0,63	0,003563	0,001272	-93,94	-1,86	0,0000	0,00	0,000
4	0,94	0,003563	0,001272	-103,80	-4,38	0,0000	0,00	0,000
5	1,25	0,003563	0,001272	-114,12	-8,15	0,0000	0,00	0,000
6	1,56	0,003563	0,001272	-124,91	-13,29	0,0000	0,00	0,000
7	1,88	0,003563	0,001272	-136,15	-19,94	0,0000	0,00	0,000
8	2,19	0,003563	0,001272	-147,85	-28,23	0,0000	0,00	0,000
9	2,50	0,003563	0,001272	-160,01	-38,29	0,0000	0,00	0,000
10	2,81	0,003563	0,001272	-172,63	-50,27	0,0000	0,00	0,000
11	3,13	0,003563	0,001781	-186,67	-64,28	0,0000	0,00	0,000
12	3,44	0,003563	0,001781	-200,26	-80,47	0,0000	0,00	0,000
13	3,75	0,003563	0,001781	-214,30	-98,96	0,0000	0,00	0,000
14	4,06	0,003563	0,001781	-228,80	-119,90	0,0000	0,00	0,000
15	4,38	0,003563	0,001781	-243,75	-143,41	0,0000	0,00	0,000
16	4,69	0,003563	0,001781	-259,17	-169,63	0,0000	0,00	0,000
17	5,00	0,003563	0,001781	-275,04	-198,69	0,0000	0,00	0,000
18	5,31	0,003563	0,001781	-291,37	-230,72	0,0000	0,00	0,000
19	5,63	0,007125	0,003563	-351,49	-265,86	0,0000	0,00	0,000
20	5,94	0,003563	0,001781	-325,41	-304,24	0,0000	0,00	0,000
21	6,25	0,003563	0,001781	-343,12	-345,99	0,0239	97,54	0,040

### Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	-2,29	0,002036	0,002036	-260,69	-0,19	0,0000	0,00	0,000
2	-2,15	0,002036	0,002036	260,69	2,80	0,0000	0,00	0,000
3	-2,00	0,002036	0,002036	260,69	5,30	0,0000	0,00	0,000
4	-1,85	0,002036	0,002036	260,69	9,67	0,0000	0,00	0,000

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 60 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

5	-1,70	0,002036	0,002036	-260,69	-30,52	0,0000	0,00	0,000
6	-1,57	0,002036	0,002036	-260,69	-36,54	0,0000	0,00	0,000
7	-1,43	0,002036	0,002036	260,69	32,31	0,0000	0,00	0,000
8	-1,30	0,002036	0,002036	260,69	57,17	0,0000	0,00	0,000
9	-1,12	0,002036	0,002545	265,85	229,85	0,0000	0,00	0,000
10	0,00	0,003308	0,002036	-273,58	-238,64	0,0000	0,00	0,000
11	0,15	0,002545	0,002036	-265,85	-191,32	0,0000	0,00	0,000
12	0,30	0,002036	0,002036	-260,69	-159,41	0,0000	0,00	0,000
13	0,45	0,002036	0,002036	-260,69	-134,26	0,0000	0,00	0,000
14	0,60	0,002290	0,002036	-263,27	-113,56	0,0000	0,00	0,000
15	0,75	0,002290	0,002036	-263,27	-97,97	0,0000	0,00	0,000
16	0,90	0,002290	0,002036	-263,27	-90,53	0,0000	0,00	0,000
17	1,03	0,002036	0,002036	-260,69	-86,64	0,0000	0,00	0,000
18	1,17	0,002036	0,002036	-260,69	-79,38	0,0000	0,00	0,000
19	1,30	0,002036	0,002036	-260,69	-70,12	0,0000	0,00	0,000
20	1,43	0,002036	0,002036	-260,69	-59,23	0,0000	0,00	0,000
21	1,57	0,002036	0,002036	-260,69	-46,40	0,0000	0,00	0,000
22	1,70	0,002036	0,002036	-260,69	-30,32	0,0000	0,00	0,000
23	1,85	0,002036	0,002290	-261,29	-16,42	0,0000	0,00	0,000
24	2,00	0,002036	0,002036	-260,69	-8,90	0,0000	0,00	0,000
25	2,15	0,002036	0,002036	-260,69	-3,35	0,0000	0,00	0,000
26	2,30	0,002036	0,002036	260,69	0,31	0,0000	0,00	0,000

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	$V_{Ed}$	b	h	$V_{Rd}$	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	298	100	115	616	verificato	Spilli $\Phi 14/40 \times 40$
Fondazione	525	100	100	822	verificato	$\Phi 18/20$

### VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 26 $\phi$ 24 e staffa a spirale  $\phi 14/20$
- Gabbia inferiore 18 $\phi$ 18 e staffa a spirale  $\phi 12/20$

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

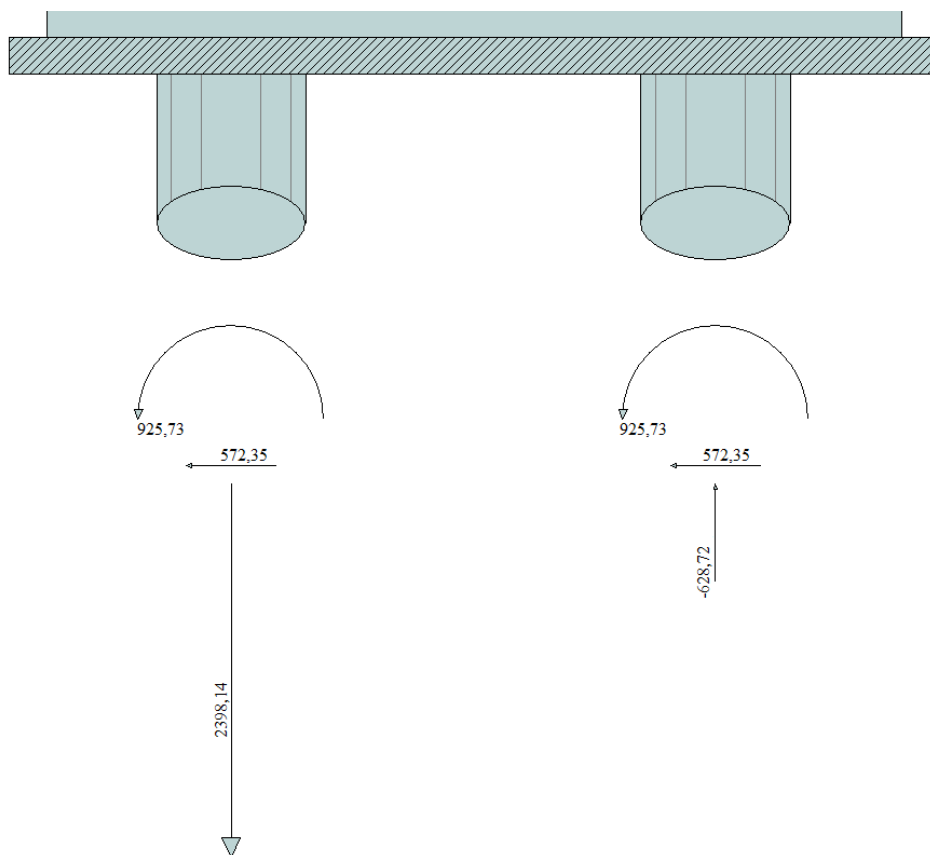
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 61 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

Verifica a pressoflessione - SLU		
$M_{Ed,Max}$	$M_{Rd}$	c.s. Flessione
[kNm]	[kNm]	[-]
925	1092	1.18

Verifica a taglio - SLU		
$V_{Ed,Max}$	$V_{Rd}$	c.s. Taglio
[kNm]	[kNm]	[-]
596	679	1.14

Verifica tensionale - SLE		
Combo Rara		
$M_{Ed,Max}$	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{s,MIN}$
[kNm]	[MPa]	[MPa]
522	10.3	-190

Verifica a fessurazione - SLE			
Combo QP		Combo F	
$M_{Ed,Max}$	w	$M_{Ed,Max}$	w
[kNm]	[mm]	[kNm]	[mm]
395	0.170	490	0.235

### 12.2.3 Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 9, con riferimento ai pali di diametro D800 si è assunto per il muro  $L_{pali} = 16.00m$ .

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 62 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 12.3 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO TIPO 3

#### 12.3.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni  $3 \times 3$ ) della palificata,  $K$ . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $K_h$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

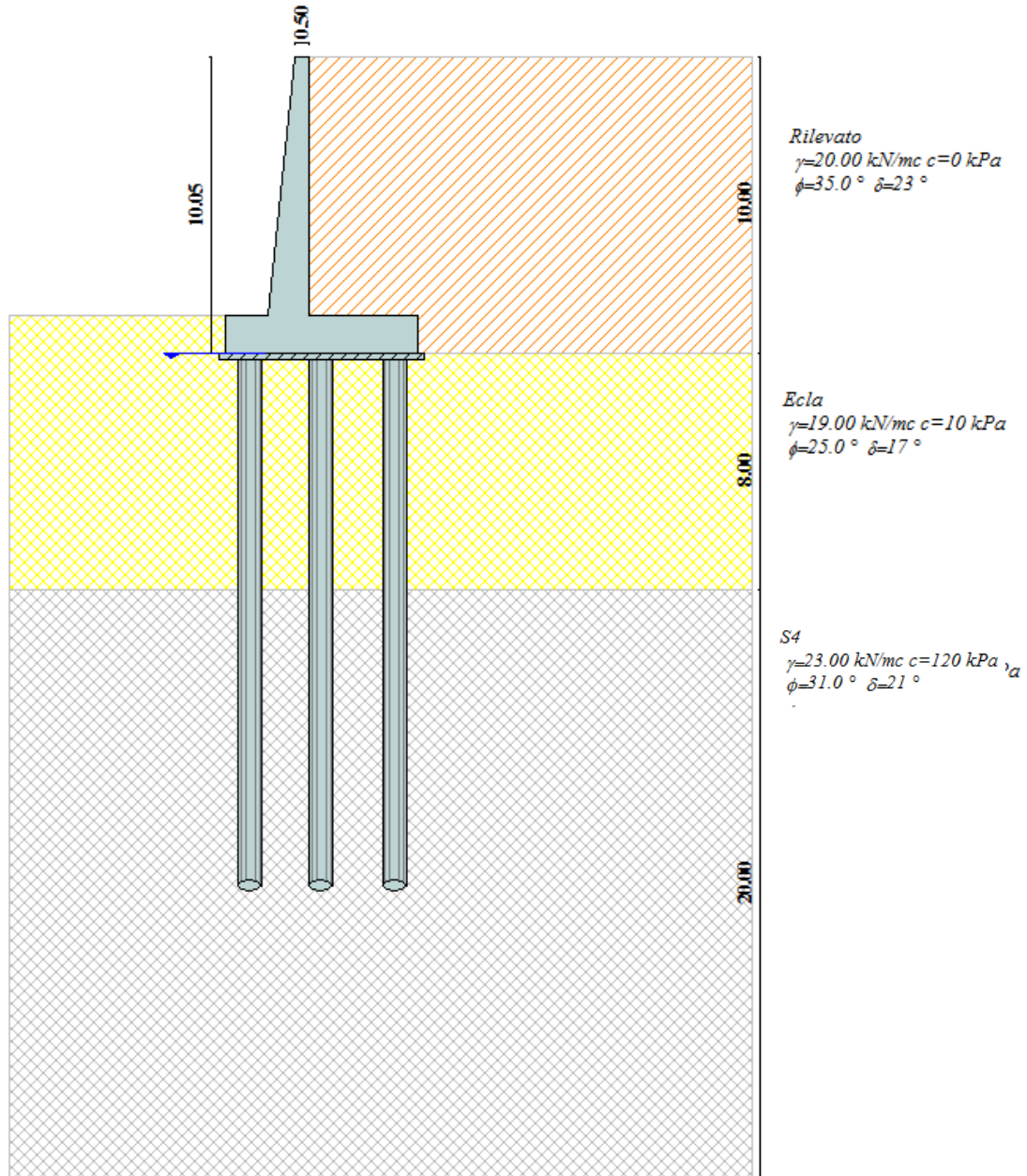
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Modello di calcolo muro su PALI

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

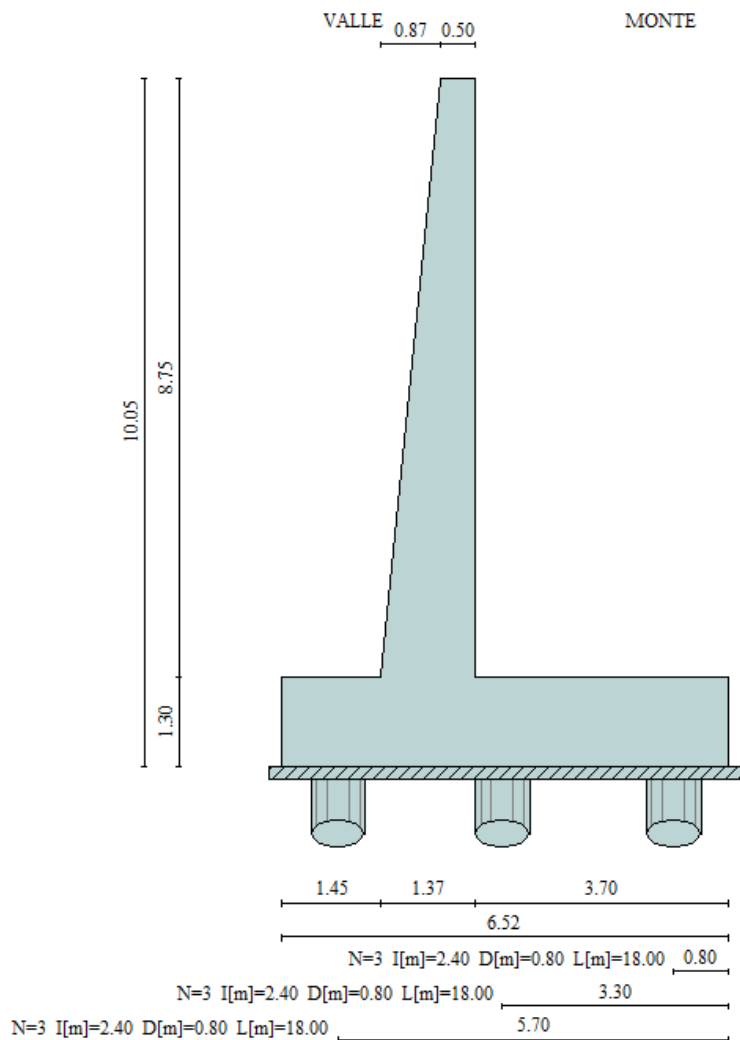
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 64 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



### Geometria muro

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	509,5963	0,0000
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	590,2422	0,0000
3	A1-M1 - [3]	--	--	--	--	--	509,5963	0,0000
4	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	391,9238	257,9446
5	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	391,9238	329,0705
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	391,9238	0,0000
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	431,5300	0,0000
8	SLER - [1]	--	--	--	--	--	445,3218	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

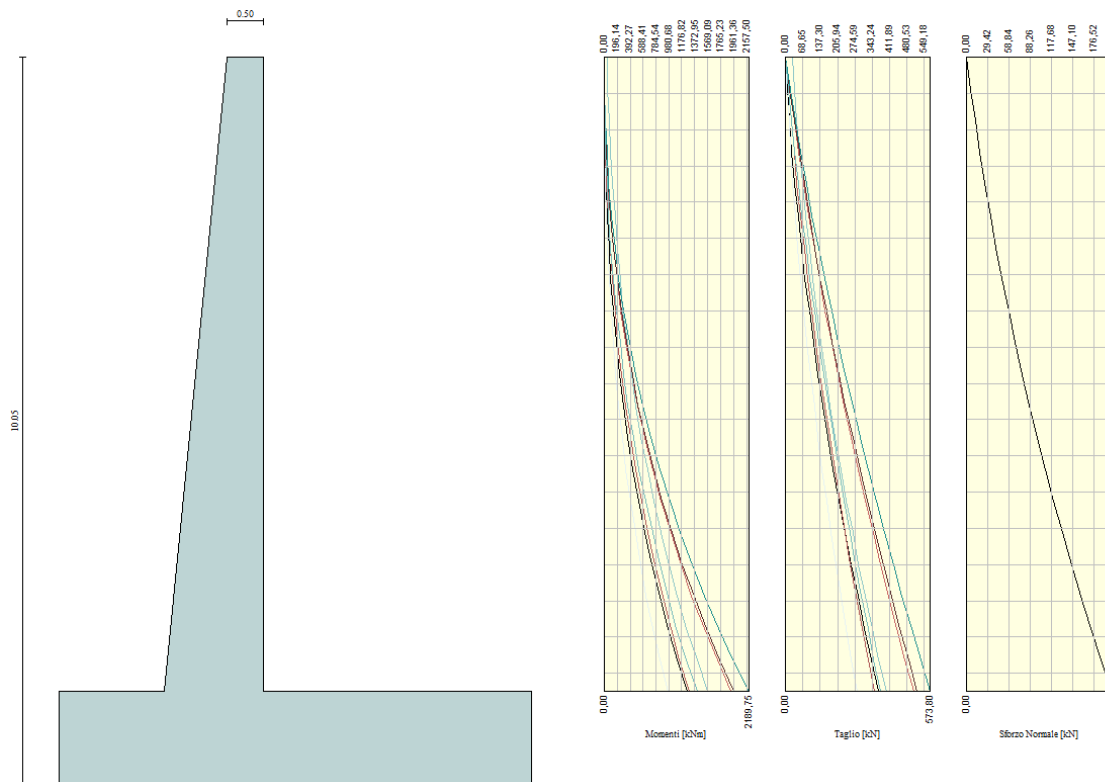
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 65 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



*Inviluppo sollecitazioni sul muro*

### 12.3.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ24/10	1φ22/20	FONDAZIONE	1φ24/10	1φ24/10+1φ24/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 66 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

Inviluppo Sollecitazioni paramento

Inviluppo Sollecitazioni paramento

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	45,0000	0,0000	30,0000
2	0,44	5,5965	5,5965	1,6244	59,7494	7,8907	37,8907
3	0,88	11,6599	11,6599	6,8205	78,0705	16,9104	46,9104
4	1,31	18,1901	18,1901	16,0697	100,4447	27,0492	61,2510
5	1,75	25,1872	25,1872	29,8507	127,3507	38,3049	83,6197
6	2,19	32,6511	32,6511	48,6419	159,2669	50,6774	106,9621
7	2,63	40,5819	40,5819	72,9216	196,6716	64,1668	131,2782
8	3,06	48,9795	48,9795	103,1681	240,0431	78,7731	156,5679
9	3,50	57,8439	57,8439	139,8599	297,1247	94,4961	182,8314
10	3,94	67,1752	67,1752	183,4752	381,6663	111,3360	210,0685
11	4,38	76,9734	76,9734	234,4925	478,1274	129,2928	238,2794
12	4,81	87,2384	87,2384	293,3901	586,9236	148,3664	267,4639
13	5,25	97,9703	97,9703	360,6464	708,4707	168,5568	297,6222
14	5,69	109,1690	109,1690	436,7396	843,1844	189,8641	328,7541
15	6,13	120,8345	120,8345	522,1483	991,4805	212,2882	360,8597
16	6,56	132,9669	132,9669	617,3507	1153,7746	235,8292	393,9390
17	7,00	145,5662	145,5662	722,8251	1330,4825	260,4870	427,9920
18	7,44	158,6323	158,6323	839,0500	1522,0199	286,2617	463,0187
19	7,88	172,1652	172,1652	966,5038	1728,8026	313,1532	499,0191
20	8,31	186,1650	186,1650	1105,6647	1951,2463	341,1616	535,9932
21	8,75	200,6316	200,6316	1256,9902	2189,7507	370,1081	573,8035

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,44	5,5965	5,5965	1,2356	2,5117	6,0698	11,8830
3	0,88	11,6599	11,6599	5,1891	10,2579	13,0080	24,5123
4	1,31	18,1901	18,1901	12,2286	23,5520	20,8071	37,8731
5	1,75	25,1872	25,1872	22,7199	42,7025	29,4653	51,9623
6	2,19	32,6511	32,6511	37,0286	68,0179	38,9827	66,7804
7	2,63	40,5819	40,5819	55,5203	99,8069	49,3591	82,3279
8	3,06	48,9795	48,9795	78,5605	138,3786	60,5947	98,6051
9	3,50	57,8439	57,8439	106,5149	184,0419	72,6893	115,6126
10	3,94	67,1752	67,1752	139,7491	237,1062	85,6431	133,3504
11	4,38	76,9734	76,9734	178,6286	297,8808	99,4560	151,8189
12	4,81	87,2384	87,2384	223,5192	366,6752	114,1280	171,0185
13	5,25	97,9703	97,9703	274,7863	443,7990	129,6591	190,9493
14	5,69	109,1690	109,1690	332,7956	529,5619	146,0493	211,6116
15	6,13	120,8345	120,8345	397,9127	624,2737	163,2987	233,0056
16	6,56	132,9669	132,9669	470,5031	728,2444	181,4071	255,1313
17	7,00	145,5662	145,5662	550,9326	841,7838	200,3746	277,9891
18	7,44	158,6323	158,6323	639,5666	965,2020	220,2013	301,5791
19	7,88	172,1652	172,1652	736,7708	1098,8091	240,8871	325,9013
20	8,31	186,1650	186,1650	842,9108	1242,9152	262,4320	350,9560
21	8,75	200,6316	200,6316	958,3361	1397,8169	284,6985	376,6259

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 67 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,001527	0,001272	0,00	0,00	5,77	186,53	--	--
2	0,44	1,00, 0,54	0,004580	0,001272	77,90	-831,70	13,92	281,54	--	--
3	0,88	1,00, 0,59	0,004580	0,001272	137,43	-920,16	11,79	293,72	--	--
4	1,31	1,00, 0,63	0,004580	0,001272	182,49	-1007,69	10,03	305,62	--	--
5	1,75	1,00, 0,67	0,004580	0,001272	216,55	-1094,91	8,60	317,28	--	--
6	2,19	1,00, 0,72	0,004580	0,001272	242,26	-1181,69	7,42	328,72	--	--
7	2,63	1,00, 0,76	0,004580	0,001272	261,64	-1268,01	6,45	339,97	--	--
8	3,06	1,00, 0,81	0,004580	0,002290	280,31	-1373,76	5,72	351,06	--	--
9	3,50	1,00, 0,85	0,004580	0,002290	283,70	-1457,28	4,90	362,01	--	--
10	3,94	1,00, 0,89	0,004580	0,002290	270,23	-1535,38	4,02	372,82	--	--
11	4,38	1,00, 0,94	0,004580	0,002290	259,84	-1614,00	3,38	383,52	--	--
12	4,81	1,00, 0,98	0,004580	0,002290	251,64	-1692,96	2,88	394,12	--	--
13	5,25	1,00, 1,02	0,004580	0,002290	245,07	-1772,22	2,50	404,63	--	--
14	5,69	1,00, 1,07	0,004580	0,002290	239,75	-1851,72	2,20	415,06	--	--
15	6,13	1,00, 1,11	0,004580	0,002290	235,39	-1931,43	1,95	425,41	--	--
16	6,56	1,00, 1,16	0,004580	0,002290	231,79	-2011,31	1,74	565,18	3515,50	565,18
17	7,00	1,00, 1,20	0,004580	0,002290	228,81	-2091,34	1,57	587,32	3654,77	587,32
18	7,44	1,00, 1,24	0,004835	0,002290	238,40	-2287,39	1,50	609,45	3794,14	609,45
19	7,88	1,00, 1,29	0,004835	0,002290	236,23	-2372,09	1,37	1894,76	3933,61	1894,76
20	8,31	1,00, 1,33	0,004835	0,002290	234,41	-2456,89	1,26	1961,17	4073,18	1961,17
21	8,75	1,00, 1,37	0,005598	0,002290	268,10	-2926,09	1,34	4055,14	4212,86	4055,14

### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,001527	0,001272	0	0	0	0
2	0,44	1,00, 0,54	0,004580	0,001272	60	28	765	-765
3	0,88	1,00, 0,59	0,004580	0,001272	200	53	3603	-2524
4	1,31	1,00, 0,63	0,004580	0,001272	397	75	8185	-4992
5	1,75	1,00, 0,67	0,004580	0,001272	632	96	14241	-7992
6	2,19	1,00, 0,72	0,004580	0,001272	898	116	21574	-11397
7	2,63	1,00, 0,76	0,004580	0,001272	1184	134	30035	-15118
8	3,06	1,00, 0,81	0,004580	0,002290	1398	152	39051	-17835
9	3,50	1,00, 0,85	0,004580	0,002290	1699	168	49356	-21780
10	3,94	1,00, 0,89	0,004580	0,002290	2010	184	60513	-25896
11	4,38	1,00, 0,94	0,004580	0,002290	2330	199	72468	-30156
12	4,81	1,00, 0,98	0,004580	0,002290	2657	214	85176	-34540
13	5,25	1,00, 1,02	0,004580	0,002290	2991	228	98601	-39034
14	5,69	1,00, 1,07	0,004580	0,002290	3330	242	112712	-43624
15	6,13	1,00, 1,11	0,004580	0,002290	3675	256	127484	-48300
16	6,56	1,00, 1,16	0,004580	0,002290	4023	269	142896	-53056
17	7,00	1,00, 1,20	0,004580	0,002290	4376	282	158929	-57884
18	7,44	1,00, 1,24	0,004835	0,002290	4647	295	166789	-61837
19	7,88	1,00, 1,29	0,004835	0,002290	5000	308	183155	-66709



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 68 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

20	8,31	1,00, 1,33	0,004835	0,002290	5356	320	200073	-71638
21	8,75	1,00, 1,37	0,005598	0,002290	5439	332	189289	-73457

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>red</sub>	V <sub>red</sub>	V <sub>red</sub>
1	0,00	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	808,68	376,64	--	--
2	0,21	1,00, 1,30	0,003563	0,002799	0,00	-1693,53	69,75	376,64	--	--
3	0,42	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	24,17	376,64	--	--
4	0,62	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	11,38	3941,07	3941,07	4191,27
5	0,82	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	1335,30	6,44	3941,07	3941,07	4191,27
6	1,02	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	1335,30	4,13	3941,07	3941,07	4191,27
7	1,22	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	1335,30	2,42	3929,62	3941,07	3929,62
8	1,45	1,00, 1,30	0,002799	0,003563	0,00	1693,53	1,52	3941,07	3941,07	7397,42

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
9	0,00	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	4	7	200	236
10	0,21	1,00, 1,30	0,003563	0,002799	47	31	2841	1137
11	0,42	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	148	77	8083	8686
12	0,62	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	293	126	17138	11870
13	0,82	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	517	291	30289	-6551
14	1,02	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	807	444	47271	-10223
15	1,22	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	1389	593	81321	-17587
16	1,45	1,00, 1,30	0,002799	0,003563	2601	585	131585	-33599

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 69 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B <sub>i</sub> H	A <sub>is</sub>	A <sub>if</sub>	N <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	CS	V <sub>isid</sub>	V <sub>ifid</sub>	V <sub>ifid</sub>
1	0,00	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	1335,30	1000,00	376,64	--	--
2	0,20	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	134,47	1397,09	3941,07	1397,09
3	0,40	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	43,72	1397,09	3941,07	1397,09
4	0,60	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	18,23	1397,09	3941,07	1397,09
5	0,80	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	9,81	1397,09	3941,07	1397,09
6	1,00	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	6,08	1397,09	3941,07	1397,09
7	1,20	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	0,00	-1335,30	4,14	1354,75	3941,07	1354,75
8	1,41	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	0,00	-1454,98	3,20	3941,07	3941,07	5259,63
9	1,63	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	0,00	-1454,98	2,40	3941,07	3941,07	5259,63
10	1,84	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	0,00	-1454,98	1,90	3941,07	3941,07	5259,63
11	2,05	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	0,00	-1454,98	1,56	3941,07	3941,07	5259,63
12	2,26	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	0,00	-1454,98	1,31	3941,07	3941,07	5259,63
13	2,47	1,00, 1,30	0,006871	0,003817	0,00	-3233,66	2,49	3941,07	3941,07	5259,63
14	2,69	1,00, 1,30	0,006871	0,002799	0,00	-3217,35	2,15	3941,07	3941,07	5259,63
15	2,90	1,00, 1,30	0,006871	0,002799	0,00	-3217,35	1,87	3941,07	3941,07	5419,01
16	3,10	1,00, 1,30	0,006871	0,002799	0,00	-3217,35	1,67	3941,07	3941,07	5588,36
17	3,30	1,00, 1,30	0,005598	0,002799	0,00	-2636,92	1,25	3941,07	3941,07	5588,36
18	3,50	1,00, 1,30	0,005598	0,002799	0,00	-2636,92	1,17	3941,07	3941,07	5588,36
19	3,70	1,00, 1,30	0,006616	0,002799	0,00	-3101,86	1,25	3941,07	3941,07	11176,71

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>is</sub>	A <sub>if</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
20	0,00	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	5	0	296	-64
21	0,20	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	38	0	-478	2210
22	0,40	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	133	0	-1686	7794
23	0,60	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	275	0	-3480	16093
24	0,80	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	359	0	-4542	21001
25	1,00	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	404	1	-5123	23686
26	1,20	1,00, 1,30	0,002799	0,002799	389	31	-4931	22801
27	1,41	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	424	5	-5405	23534
28	1,63	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	546	0	-6973	30360
29	1,84	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	715	0	-9129	39747
30	2,05	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	939	0	-11977	52149
31	2,26	1,00, 1,30	0,003054	0,002799	1217	0	-15535	67639
32	2,47	1,00, 1,30	0,006871	0,003817	1119	0	-15016	39152
33	2,69	1,00, 1,30	0,006871	0,002799	1467	0	-19741	49471
34	2,90	1,00, 1,30	0,006871	0,002799	1892	0	-25457	63795
35	3,10	1,00, 1,30	0,006871	0,002799	2272	0	-30564	76594
36	3,30	1,00, 1,30	0,005598	0,002799	2699	0	-35922	103425
37	3,50	1,00, 1,30	0,005598	0,002799	2974	39	-39575	113945
38	3,70	1,00, 1,30	0,006616	0,002799	3365	179	-45182	116161

#### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>is</sub>	A <sub>if</sub>	M <sub>ipf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	0,00	0,001527	0,001272	-66,67	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,44	0,004580	0,001272	-93,16	-1,24	0,0000	0,00	0,000
3	0,88	0,004580	0,001272	-107,22	-5,19	0,0000	0,00	0,000
4	1,31	0,004580	0,001272	-122,18	-12,23	0,0000	0,00	0,000
5	1,75	0,004580	0,001272	-138,05	-22,72	0,0000	0,00	0,000
6	2,19	0,004580	0,001272	-154,81	-37,03	0,0000	0,00	0,000
7	2,63	0,004580	0,001272	-172,46	-55,52	0,0000	0,00	0,000
8	3,06	0,004580	0,002290	-192,99	-78,56	0,0000	0,00	0,000
9	3,50	0,004580	0,002290	-212,58	-106,51	0,0000	0,00	0,000
10	3,94	0,004580	0,002290	-233,07	-139,75	0,0000	0,00	0,000
11	4,38	0,004580	0,002290	-254,46	-178,63	0,0000	0,00	0,000
12	4,81	0,004580	0,002290	-276,74	-223,52	0,0000	0,00	0,000

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 70 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

13	5,25	0,004580	0,002290	-299,93	-274,79	0,0000	0,00	0,000
14	5,69	0,004580	0,002290	-324,01	-332,80	0,0196	88,66	0,029
15	6,13	0,004580	0,002290	-348,99	-397,91	0,0225	88,66	0,034
16	6,56	0,004580	0,002290	-374,87	-470,50	0,0258	88,66	0,039
17	7,00	0,004580	0,002290	-401,64	-550,93	0,0324	88,66	0,049
18	7,44	0,004835	0,002290	-432,60	-639,57	0,0370	87,04	0,055
19	7,88	0,004835	0,002290	-461,29	-736,77	0,0435	87,04	0,064
20	8,31	0,004835	0,002290	-490,89	-842,91	0,0503	87,04	0,074
21	8,75	0,005598	0,002290	-532,35	-958,34	0,0495	83,07	0,070

### Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	-2,82	0,002799	0,002799	-444,74	-0,66	0,0000	0,00	0,000
2	-2,61	0,003563	0,002799	447,20	8,10	0,0000	0,00	0,000
3	-2,40	0,002799	0,002799	-444,74	-25,32	0,0000	0,00	0,000
4	-2,20	0,002799	0,002799	444,74	48,41	0,0000	0,00	0,000
5	-2,00	0,002799	0,002799	444,74	85,57	0,0000	0,00	0,000
6	-1,80	0,002799	0,002799	444,74	133,57	0,0000	0,00	0,000
7	-1,60	0,002799	0,002799	444,74	230,42	0,0000	0,00	0,000
8	-1,37	0,002799	0,003563	455,12	472,93	0,0329	97,54	0,055
9	0,00	0,006616	0,002799	-496,53	-708,97	0,0347	79,22	0,047
10	0,20	0,005598	0,002799	-482,75	-592,93	0,0304	83,07	0,043
11	0,40	0,005598	0,002799	-482,75	-541,80	0,0252	83,07	0,036
12	0,60	0,006871	0,002799	-499,98	-490,88	0,0000	0,00	0,000
13	0,80	0,006871	0,002799	-499,98	-409,89	0,0000	0,00	0,000
14	1,01	0,006871	0,002799	-499,98	-318,05	0,0000	0,00	0,000
15	1,23	0,006871	0,003817	-503,50	-254,18	0,0000	0,00	0,000
16	1,44	0,003054	0,002799	-448,20	-200,85	0,0000	0,00	0,000
17	1,65	0,003054	0,002799	-448,20	-155,53	0,0000	0,00	0,000
18	1,86	0,003054	0,002799	-448,20	-119,09	0,0000	0,00	0,000
19	2,08	0,003054	0,002799	-448,20	-91,39	0,0000	0,00	0,000
20	2,29	0,003054	0,002799	-448,20	-71,10	0,0000	0,00	0,000
21	2,50	0,002799	0,002799	-444,74	-63,21	0,0000	0,00	0,000
22	2,70	0,002799	0,002799	-444,74	-65,41	0,0000	0,00	0,000
23	2,90	0,002799	0,002799	-444,74	-57,84	0,0000	0,00	0,000
24	3,10	0,002799	0,002799	-444,74	-44,23	0,0000	0,00	0,000
25	3,30	0,002799	0,002799	-444,74	-21,42	0,0000	0,00	0,000
26	3,50	0,002799	0,002799	-444,74	-6,06	0,0000	0,00	0,000
27	3,70	0,002799	0,002799	444,74	0,81	0,0000	0,00	0,000

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

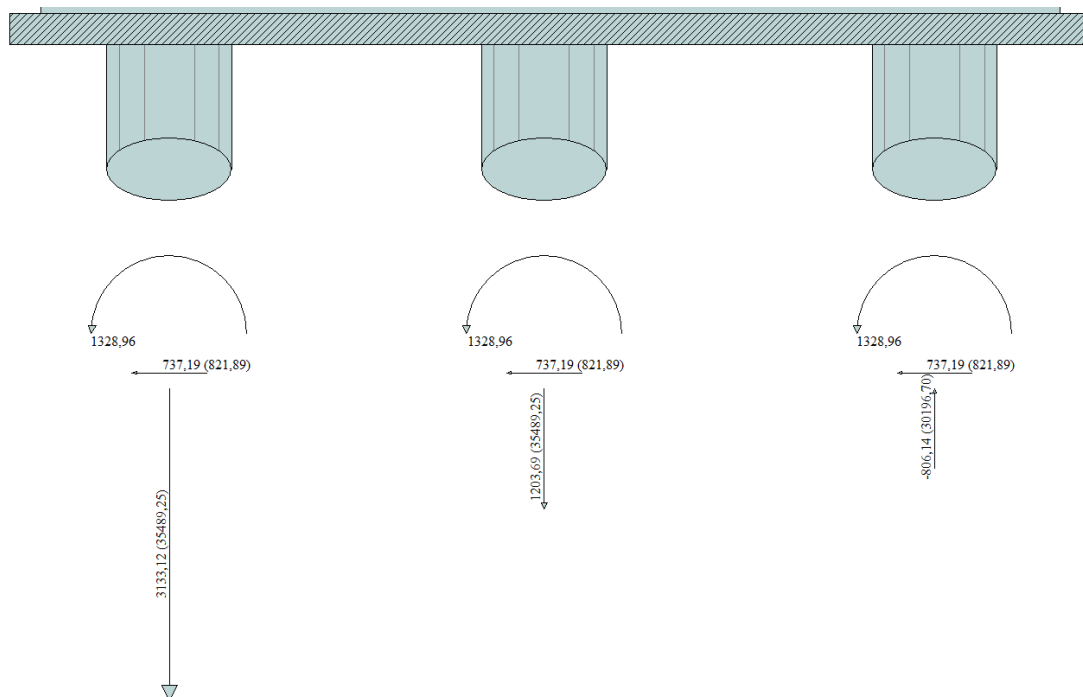
Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	591	100	130	1090	verificato	Spilli Φ14/40x40
Fondazione	1212	100	135	1353	verificato	Φ2020

**VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE**

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 29 $\phi$ 26 e staffa a spirale  $\phi$ 14/10
- Gabbia inferiore 18 $\phi$ 20 e staffa a spirale  $\phi$ 14/20

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

Verifica a pressoflessione - SLU		
$M_{Ed,Max}$	$M_{Rd}$	c.s. Flessione
[kNm]	[kNm]	[-]
1328	1395	1.05

Verifica a taglio - SLU		
$V_{Ed,Max}$	$V_{Rd}$	c.s. Taglio
[kNm]	[kNm]	[-]
737	1097	1.49

Verifica tensionale - SLE		
Combo Rara		
$M_{Ed,Max}$	$\sigma_{C,MAX}$	$\sigma_{S,MIN}$
[kNm]	[MPa]	[MPa]
617	10.6	-167

Verifica a fessurazione - SLE			
Combo QP		Combo F	
$M_{Ed,Max}$	w	$M_{Ed,Max}$	w
[kNm]	[mm]	[kNm]	[mm]
542	0.182	598	0.196

**12.3.3 Verifiche capacità portante**

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 9, con riferimento ai pali di diametro D800 si è assunto per il muro  $L_{pali} = 18.00m$ .

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

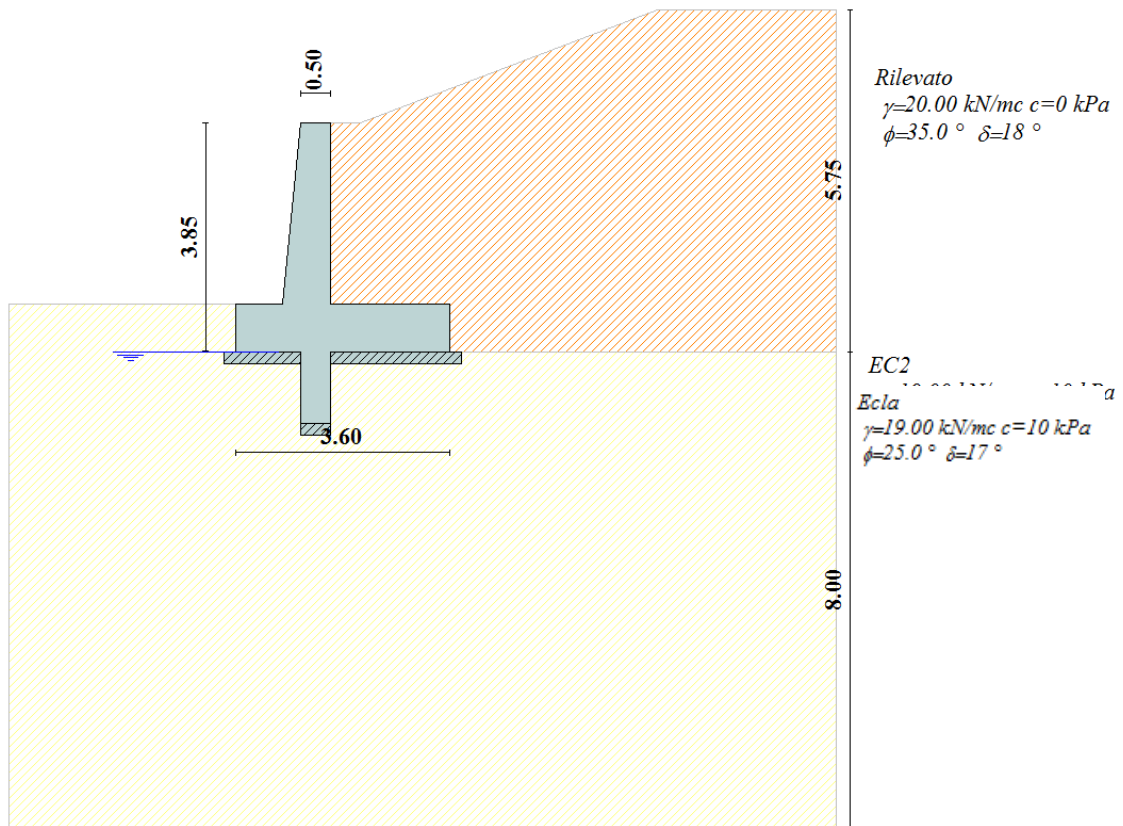
Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 72 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 12.4 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA TIPO 1

#### 12.4.1 Modello di calcolo

Di seguito si riporta la rappresentazione del modello di calcolo adottato.



Modello di calcolo muro



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

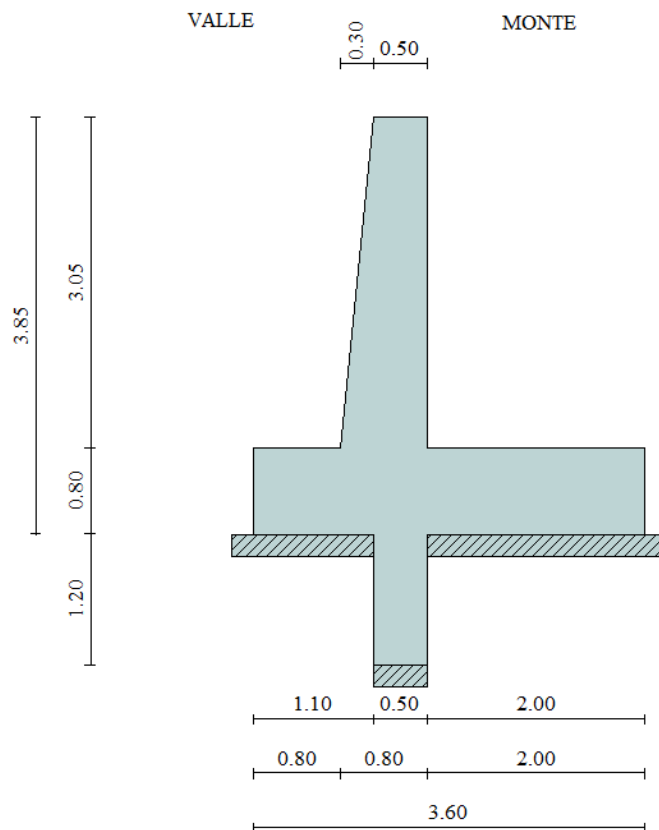
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 73 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Geometria muro

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	1,29	3,88	--	128,7059	0,0000
2	EQU - [1]	--	2,71	--	--	--	133,0897	0,0000
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,74	120,5694	0,0000
4	A1-M1 - [2]	--	--	1,24	3,76	--	134,2713	0,0000
5	EQU - [2]	--	2,63	--	--	--	146,2404	0,0000
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,62	131,8659	0,0000
7	A1-M1 - [3]	--	--	<b>1,11</b>	<b>2,20</b>	--	128,7059	0,0000
8	EQU - [3]	--	<b>1,59</b>	--	--	--	133,0897	0,0000
9	STAB - [3]	--	--	--	--	1,74	120,5694	0,0000
10	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1,14	3,36	--	97,7947	19,9613
11	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,14	3,18	--	97,7947	28,8909
12	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	2,21	--	--	--	120,5694	21,5676
13	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	2,37	--	--	--	120,5694	32,4259
14	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1,45	120,5694	32,4259
15	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	<b>1,44</b>	120,5694	21,5676
16	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	1,14	3,18	--	97,7947	28,8909
17	SLEQ - [1]	--	--	1,64	5,01	--	97,7947	0,0000
18	SLEF - [1]	--	--	1,60	4,94	--	100,2233	0,0000
19	SLER - [1]	--	--	1,58	4,90	--	101,3085	0,0000

Azioni risultanti sul muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

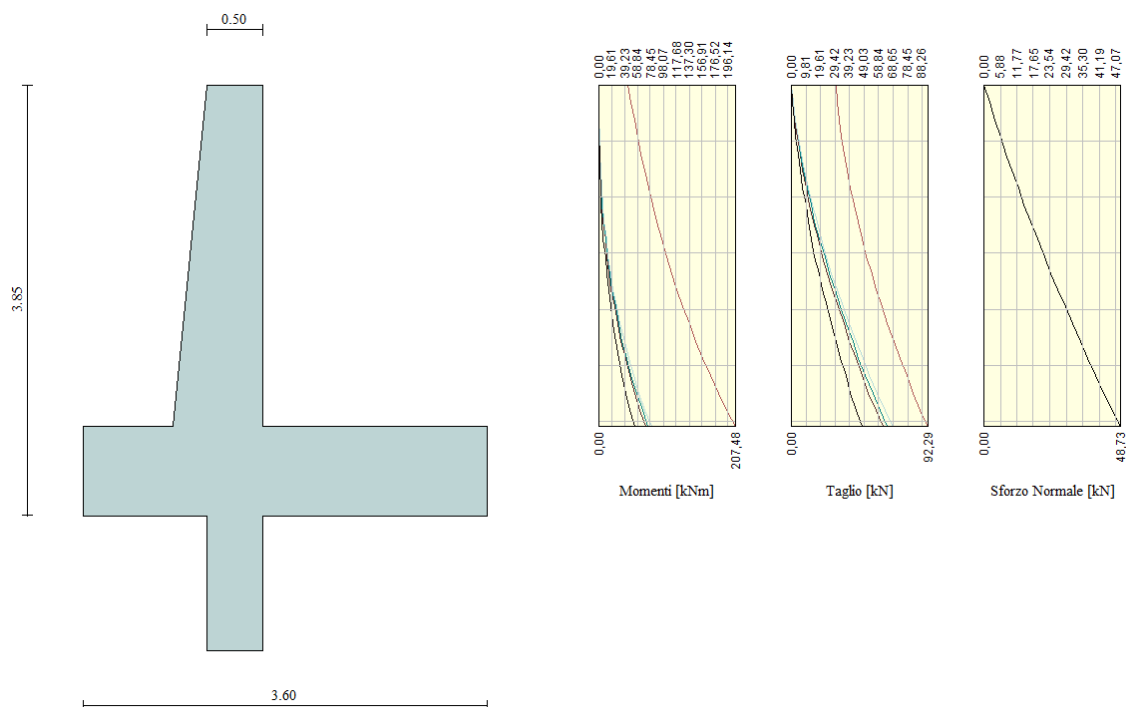
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 74 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Inviluppo sollecitazioni sul muro

### 12.4.2 Verifiche

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1 $\phi$ 14/20	1 $\phi$ 12/20	FONDAZIONE	1 $\phi$ 14/20	1 $\phi$ 14/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 75 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

#### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	45,0000	0,0000	30,0000
2	0,15	1,8978	1,8978	0,0839	49,6589	1,2202	31,2202
3	0,30	3,8523	3,8523	0,3505	54,5005	2,5877	32,5877
4	0,46	5,8635	5,8635	0,8215	59,5465	4,0982	34,0982
5	0,61	7,9315	7,9315	1,5180	64,8180	5,7507	35,7507
6	0,76	10,0561	10,0561	2,4647	70,3397	7,6139	37,6139
7	0,92	12,2375	12,2375	3,7052	76,1552	9,8317	39,8317
8	1,07	14,4757	14,4757	5,2914	82,3164	12,3465	42,3465
9	1,22	16,7705	16,7705	7,2594	88,8594	15,0590	45,0590
10	1,37	19,1221	19,1221	9,6377	95,8127	17,9603	47,9603
11	1,52	21,5304	21,5304	12,4546	103,2046	21,0504	51,0504
12	1,68	23,9954	23,9954	15,7385	111,0635	24,3292	54,3292
13	1,83	26,5171	26,5171	19,5178	119,4178	27,7965	57,7965
14	1,98	29,0956	29,0956	23,8208	128,2958	31,4525	61,4525
15	2,13	31,7308	31,7308	28,6757	137,7257	35,2970	65,2970
16	2,29	34,4227	34,4227	34,1109	147,7359	39,3301	69,3301
17	2,44	37,1713	37,1713	40,1548	158,3548	43,5517	73,5517
18	2,59	39,9767	39,9767	46,8356	169,6106	47,9618	77,9618
19	2,75	42,8387	42,8387	54,1816	181,5316	52,5605	82,5605
20	2,90	45,7575	45,7575	62,2213	194,1463	57,3476	87,3476
21	3,05	48,7331	48,7331	70,9816	207,4816	62,2932	92,2932

#### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,15	1,8978	1,8978	0,0629	0,0629	0,9386	0,9386
3	0,30	3,8523	3,8523	0,2629	0,2629	1,9905	1,9905
4	0,46	5,8635	5,8635	0,6166	0,6166	3,1525	3,1525
5	0,61	7,9315	7,9315	1,1403	1,1403	4,4236	4,4236
6	0,76	10,0561	10,0561	1,8527	1,8527	5,8568	5,8568
7	0,92	12,2375	12,2375	2,7872	2,7872	7,5629	7,5629
8	1,07	14,4757	14,4757	3,9839	3,9839	9,4973	9,4973
9	1,22	16,7705	16,7705	5,4702	5,4702	11,5838	11,5838
10	1,37	19,1221	19,1221	7,2680	7,2680	13,8156	13,8156
11	1,52	21,5304	21,5304	9,3990	9,3990	16,1926	16,1926
12	1,68	23,9954	23,9954	11,8850	11,8850	18,7147	18,7147
13	1,83	26,5171	26,5171	14,7476	14,7476	21,3819	21,3819
14	1,98	29,0956	29,0956	18,0086	18,0086	24,1942	24,1942
15	2,13	31,7308	31,7308	21,6895	21,6895	27,1515	27,1515
16	2,29	34,4227	34,4227	25,8122	25,8122	30,2539	30,2539
17	2,44	37,1713	37,1713	30,3982	30,3982	33,5013	33,5013
18	2,59	39,9767	39,9767	35,4692	35,4692	36,8937	36,8937
19	2,75	42,8387	42,8387	41,0471	41,0471	40,4311	40,4311
20	2,90	45,7575	45,7575	47,1533	47,1533	44,1136	44,1136
21	3,05	48,7331	48,7331	53,8087	53,8087	47,9178	47,9178

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 76 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000770	0,000565	0,00	0,00	2,96	173,53	--	--
2	0,15	1,00, 0,52	0,000770	0,000565	5,31	-139,00	2,80	177,82	--	--
3	0,30	1,00, 0,53	0,000770	0,000565	10,22	-144,62	2,65	182,09	--	--
4	0,46	1,00, 0,55	0,000770	0,000565	14,79	-150,23	2,52	186,34	--	--
5	0,61	1,00, 0,56	0,000770	0,000565	19,07	-155,84	2,40	190,59	--	--
6	0,76	1,00, 0,58	0,000770	0,000565	23,08	-161,46	2,30	194,83	--	--
7	0,92	1,00, 0,59	0,000770	0,000565	26,85	-167,06	2,19	199,06	--	--
8	1,07	1,00, 0,61	0,000770	0,000565	30,36	-172,65	2,10	203,28	--	--
9	1,22	1,00, 0,62	0,000770	0,000565	33,64	-178,24	2,01	207,49	--	--
10	1,37	1,00, 0,64	0,000770	0,000565	36,68	-183,80	1,92	211,70	--	--
11	1,52	1,00, 0,65	0,000770	0,000565	39,50	-189,35	1,83	215,90	--	--
12	1,68	1,00, 0,67	0,000770	0,000565	42,10	-194,88	1,75	220,09	--	--
13	1,83	1,00, 0,68	0,000770	0,000565	44,50	-200,38	1,68	224,28	--	--
14	1,98	1,00, 0,70	0,000770	0,000565	46,68	-205,86	1,60	228,46	--	--
15	2,13	1,00, 0,71	0,000770	0,000565	48,68	-211,30	1,53	232,64	--	--
16	2,29	1,00, 0,73	0,001539	0,001131	99,62	-427,57	2,89	236,82	--	--
17	2,44	1,00, 0,74	0,001539	0,001131	102,89	-438,32	2,77	240,99	--	--
18	2,59	1,00, 0,76	0,000770	0,001131	53,63	-227,55	1,34	245,16	--	--
19	2,75	1,00, 0,77	0,000770	0,000565	54,94	-232,81	1,28	249,32	--	--
20	2,90	1,00, 0,79	0,000770	0,000565	56,12	-238,11	1,23	253,49	--	--
21	3,05	1,00, 0,80	0,000770	0,000565	57,16	-243,37	1,17	257,65	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000770	0,000565	0	0	0	0
2	0,15	1,00, 0,52	0,000770	0,000565	5	2	-36	-71
3	0,30	1,00, 0,53	0,000770	0,000565	12	5	-38	-173
4	0,46	1,00, 0,55	0,000770	0,000565	22	7	-5	-306
5	0,61	1,00, 0,56	0,000770	0,000565	36	10	109	-487
6	0,76	1,00, 0,58	0,000770	0,000565	55	13	405	-737
7	0,92	1,00, 0,59	0,000770	0,000565	83	16	1034	-1075
8	1,07	1,00, 0,61	0,000770	0,000565	119	20	2148	-1506
9	1,22	1,00, 0,62	0,000770	0,000565	163	23	3818	-2019
10	1,37	1,00, 0,64	0,000770	0,000565	215	27	6050	-2603
11	1,52	1,00, 0,65	0,000770	0,000565	273	31	8837	-3253
12	1,68	1,00, 0,67	0,000770	0,000565	338	35	12175	-3966
13	1,83	1,00, 0,68	0,000770	0,000565	408	39	16060	-4742
14	1,98	1,00, 0,70	0,000770	0,000565	484	43	20493	-5579
15	2,13	1,00, 0,71	0,000770	0,000565	566	47	25474	-6477
16	2,29	1,00, 0,73	0,001539	0,001131	493	52	16345	-6010
17	2,44	1,00, 0,74	0,001539	0,001131	560	56	19473	-6821
18	2,59	1,00, 0,76	0,000770	0,001131	807	60	43401	-9010
19	2,75	1,00, 0,77	0,000770	0,000565	948	65	50926	-10675
20	2,90	1,00, 0,79	0,000770	0,000565	1057	69	58681	-11874
21	3,05	1,00, 0,80	0,000770	0,000565	1170	74	66995	-13130

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 77 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	0,00	1000,00	249,62	--	--
2	0,08	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	405,19	249,62	--	--
3	0,16	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	102,27	249,62	--	--
4	0,24	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	45,89	249,62	--	--
5	0,32	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	26,07	249,62	--	--
6	0,40	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	16,85	249,62	--	--
7	0,48	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	11,82	249,62	--	--
8	0,56	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	8,77	249,62	--	--
9	0,64	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	6,78	249,62	--	--
10	0,72	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	5,41	249,62	--	--
11	0,80	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	222,38	4,43	249,62	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
12	0,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0	0	0	0
13	0,08	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	5	10	450	-52
14	0,16	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	21	19	1793	-208
15	0,24	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	48	29	4022	-466
16	0,32	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	85	38	7128	-826
17	0,40	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	132	47	11103	-1287
18	0,48	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	189	57	15940	-1847
19	0,56	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	256	66	21629	-2506
20	0,64	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	334	75	28163	-3264
21	0,72	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	421	84	35534	-4118
22	0,80	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	519	93	43734	-5068

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	0,00	1000,00	249,62	--	--
2	0,20	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	98,33	249,62	--	--
3	0,40	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	24,73	249,62	--	--
4	0,60	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	11,07	249,62	--	--
5	0,80	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	6,33	249,62	--	--
6	1,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	4,15	249,62	--	--
7	1,20	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	2,97	249,62	--	--
8	1,40	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	2,26	249,62	--	--
9	1,60	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	1,80	249,62	--	--
10	1,80	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	1,48	249,62	--	--
11	2,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0,00	-222,38	1,26	249,62	--	--

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 78 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
12	0,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	0	0	0	0
13	0,20	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	11	-8	-106	915
14	0,40	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	42	-14	-406	3501
15	0,60	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	89	-20	-871	7520
16	0,80	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	151	-25	-1476	12733
17	1,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	224	-28	-2190	18903
18	1,20	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	306	-31	-2989	25789
19	1,40	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	393	-32	-3842	33155
20	1,60	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	483	-33	-4724	40764
21	1,80	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	574	-33	-5612	48432
22	2,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	664	-32	-6493	56028

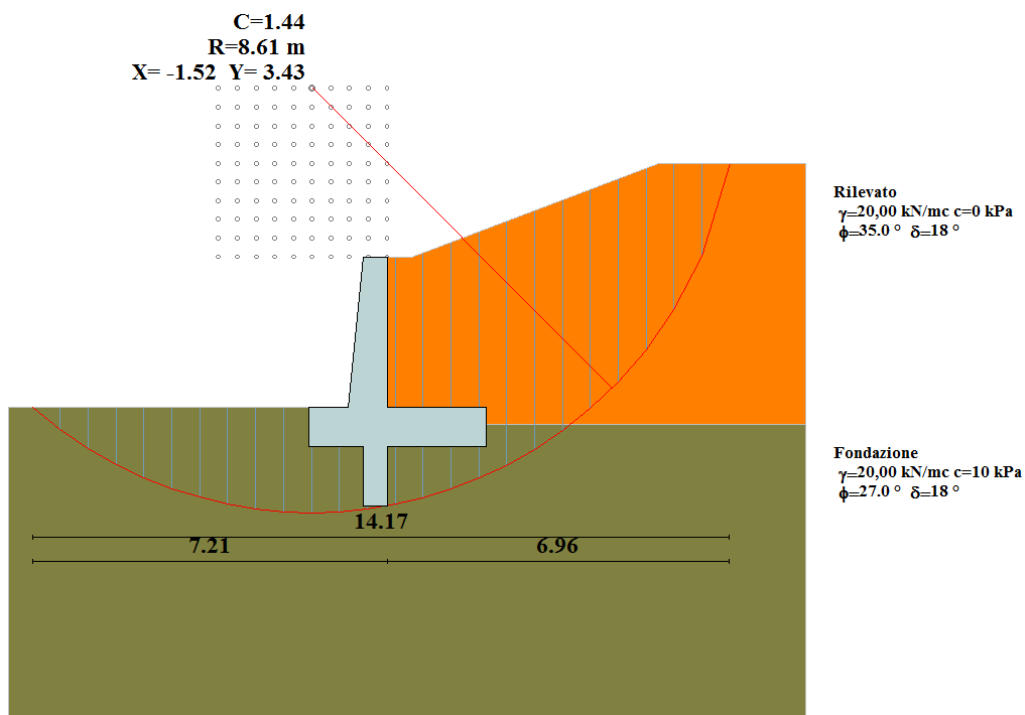
### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	92	100	80	245	verificato	Spilli Φ10/40x40
Fondazione	135	100	100	320	verificato	Elemento non armato a taglio

### VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

L'analisi di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop semplificato a portato alla seguente superficie di scorrimento critica:



Verifica di stabilità globale

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 79 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICHE STRUTTURALI DEL DENTE DI FONDAZIONE

La verifica del dente di fondazione è condotta considerando agente a valle del dente la spinta passiva secondo una distribuzione triangolare di pendenza " $\gamma K_p$ ", dove il coefficiente di spinta passiva è stato valutato secondo la formulazione di Rankine:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

In tal modo si sono ottenute le seguenti sollecitazioni per metro di lunghezza:

$$V_{sd} = 1/2 \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_d^2 = 35,95 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1/6 \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_d^3 = 14,4 \text{ kNm/m}$$

dove  $h_d$  è l'altezza del dente di fondazione pari a 120 cm.

Con queste sollecitazioni si sono effettuate le verifiche allo SLU e allo SLE ottenendo i seguenti risultati:

Geometrie				
b (cm)	H (cm)	c (cm)	d (cm)	Ac (mm <sup>2</sup> )
50	100	5	115,0	500000

Armature							
Armature taglio				Armature longitudinali .			
nb	$\varnothing$	p(cm)	Asw(mm <sup>2</sup> )	a°	n	$\varnothing$	mm <sup>2</sup>
2,5	10,0	40	196,35	90	5	14	769,7

### Verifiche allo SLU

Mx (daN*cm/cm)	My (daN*cm/cm)	N (daN/cm)	CS, Ncost
144000	0	0	18.83 > 1

Vsd (KN)	VRcd (KN)	VRsd (KN)	Vrd (KN)	C (Vrd/Vsd)	Esito
35.95	1159,25	194,48	194,48	5,40	Soddisfatta

### Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Me	Ne	Es/Ec	Wk(mm)	Srm(mm)	fctd
135000	0	15	0	0	14.1

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	16	MU0000	REL	01	A	80 di 116

### VERIFICHE GETECNICHE

Si riportano di seguito i coefficienti di sicurezza per la valutazione della capacità portante nonché i coefficienti di sicurezza minimi provenienti dalla analisi.

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_\gamma = 9.46$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,76$	$i_q = 0,76$	$i_\gamma = 0,32$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,10$	$d_q = 1,05$	$d_\gamma = 1,05$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 19.95$	$N'_q = 10.50$	$N'_\gamma = 3.22$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.22
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.32



Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 81 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

## 12.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA TIPO 2

### 12.1.1 Modello di calcolo

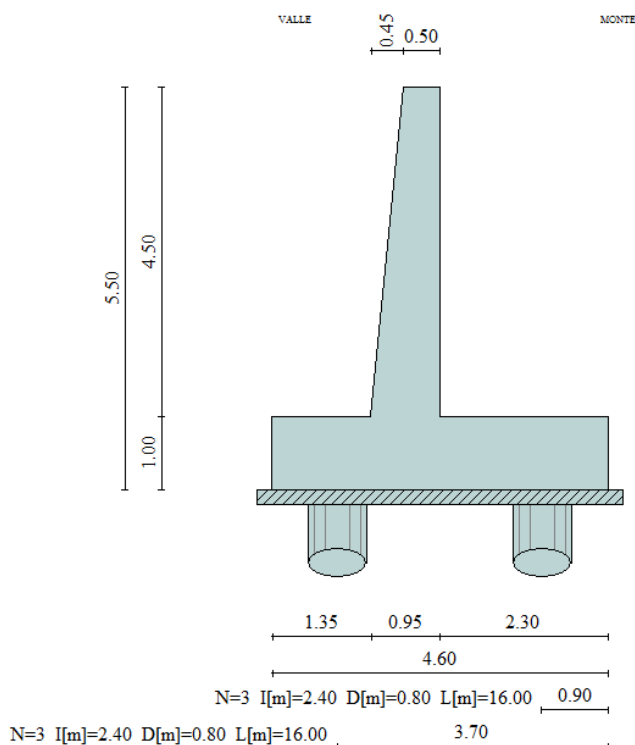
Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidità. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidità del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidità di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni  $3 \times 3$ ) della palificata,  $K$ . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $K_h$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.



Geometria muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

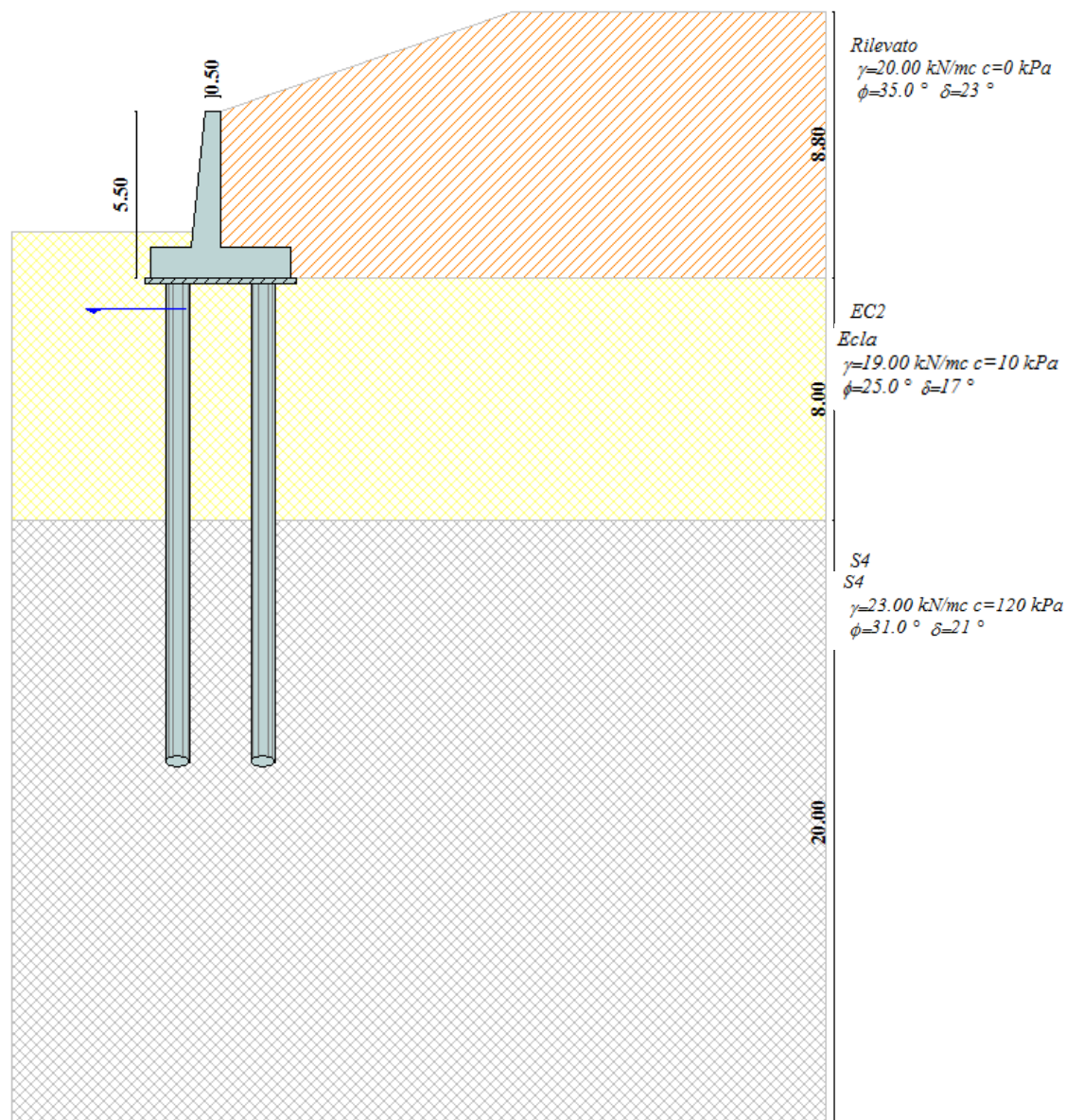
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

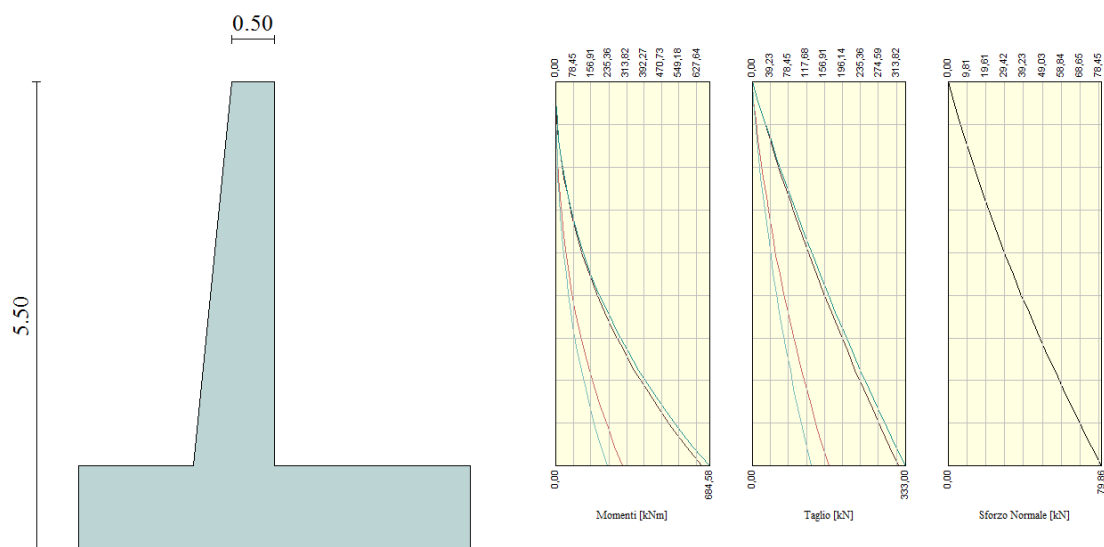
Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 82 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Modello di calcolo muro su PALI

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	317,1581	0,0000
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	328,0107	0,0000
3	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	243,9677	253,9174
4	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	243,9677	215,3830
5	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	243,9677	253,9174
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	243,9677	0,0000
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	247,3666	0,0000
8	SLER - [1]	--	--	--	--	--	250,2619	0,0000

Azioni risultanti sul muro



*Inviluppo sollecitazioni sul muro*

### 12.1.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ22/20	1φ18/20	FONDAZIONE	1φ22/20	1φ22/10

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

#### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

#### Inviluppo Sollecitazioni paramento

##### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	2,8199	0,4254	1,4453	3,9994	13,0519
3	0,45	5,7633	5,7633	1,7706	5,8384	8,4629	26,4910
4	0,68	8,8301	8,8301	4,1374	13,2643	13,3806	40,3099
5	0,90	12,0205	12,0205	7,6263	23,8067	18,7503	54,5067
6	1,13	15,3343	15,3343	12,3376	37,5493	24,5719	69,0815
7	1,35	18,7716	18,7716	18,3715	54,5756	30,8455	84,0342

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 84 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

8	1,57	22,3323	22,3323	25,8283	74,9694	37,5709	99,3648
9	1,80	26,0166	26,0166	34,8084	98,8143	44,7483	115,0734
10	2,02	29,8243	29,8243	45,4120	126,1938	52,3777	131,1600
11	2,25	33,7555	33,7555	57,7394	157,1918	60,4589	147,6244
12	2,48	37,8101	37,8101	71,8909	191,8917	68,9921	164,4669
13	2,70	41,9883	41,9883	87,9668	230,3772	77,9772	181,6872
14	2,93	46,2899	46,2899	106,0673	272,7321	87,4142	199,2855
15	3,15	50,7150	50,7150	126,2928	319,0398	97,3032	217,2618
16	3,38	55,2636	55,2636	148,7436	369,3842	107,6441	235,6160
17	3,60	59,9356	59,9356	173,5199	423,8487	118,4369	254,3481
18	3,83	64,7312	64,7312	200,7220	482,5170	129,6817	273,4582
19	4,05	69,6502	69,6502	230,4502	545,4729	141,3783	292,9462
20	4,28	74,6927	74,6927	262,8048	612,7999	153,5270	312,8122
21	4,50	79,8586	79,8586	297,8818	684,5783	166,0552	333,0005

### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	2,8199	0,3236	0,3236	3,0765	3,0765
3	0,45	5,7633	5,7633	1,3472	1,3472	6,5099	6,5099
4	0,68	8,8301	8,8301	3,1489	3,1489	10,2928	10,2928
5	0,90	12,0205	12,0205	5,8056	5,8056	14,4233	14,4233
6	1,13	15,3343	15,3343	9,3941	9,3941	18,9015	18,9015
7	1,35	18,7716	18,7716	13,9912	13,9912	23,7273	23,7273
8	1,57	22,3323	22,3323	19,6738	19,6738	28,9007	28,9007
9	1,80	26,0166	26,0166	26,5187	26,5187	34,4218	34,4218
10	2,02	29,8243	29,8243	34,6028	34,6028	40,2905	40,2905
11	2,25	33,7555	33,7555	44,0027	44,0027	46,5069	46,5069
12	2,48	37,8101	37,8101	54,7954	54,7954	53,0708	53,0708
13	2,70	41,9883	41,9883	67,0577	67,0577	59,9825	59,9825
14	2,93	46,2899	46,2899	80,8664	80,8664	67,2417	67,2417
15	3,15	50,7150	50,7150	96,2983	96,2983	74,8486	74,8486
16	3,38	55,2636	55,2636	113,4303	113,4303	82,8032	82,8032
17	3,60	59,9356	59,9356	132,3391	132,3391	91,1053	91,1053
18	3,83	64,7312	64,7312	153,1016	153,1016	99,7551	99,7551
19	4,05	69,6502	69,6502	175,7946	175,7946	108,7526	108,7526
20	4,28	74,6927	74,6927	200,4950	200,4950	118,0977	118,0977
21	4,50	79,8586	79,8586	227,2762	227,2762	127,7348	127,7348

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 85 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000000	0,001272	0,00	0,00	1000,00	173,53	--	--
2	0,23	1,00, 0,52	0,001901	0,001272	1083,09	-555,12	384,09	205,59	--	--
3	0,45	1,00, 0,54	0,001901	0,001272	444,77	-450,57	77,17	210,46	--	--
4	0,68	1,00, 0,57	0,001901	0,001272	290,65	-436,60	32,92	215,26	--	--
5	0,90	1,00, 0,59	0,001901	0,001272	222,05	-439,77	18,47	220,02	--	--
6	1,13	1,00, 0,61	0,001901	0,001272	183,33	-448,92	11,96	224,72	--	--
7	1,35	1,00, 0,63	0,001901	0,001272	158,52	-460,87	8,44	229,38	--	--
8	1,57	1,00, 0,66	0,001901	0,001272	141,30	-474,35	6,33	233,99	--	--
9	1,80	1,00, 0,68	0,001901	0,001272	128,68	-488,76	4,95	238,56	--	--
10	2,02	1,00, 0,70	0,001901	0,001272	119,06	-503,77	3,99	243,10	--	--
11	2,25	1,00, 0,72	0,001901	0,001272	111,49	-519,20	3,30	247,61	--	--
12	2,48	1,00, 0,75	0,001901	0,001272	105,40	-534,94	2,79	252,08	--	--
13	2,70	1,00, 0,77	0,001901	0,001272	100,40	-550,89	2,39	256,52	--	--
14	2,93	1,00, 0,79	0,001901	0,001272	96,24	-567,02	2,08	260,94	--	--
15	3,15	1,00, 0,81	0,001901	0,001272	92,72	-583,29	1,83	265,33	--	--
16	3,38	1,00, 0,84	0,001901	0,001272	89,72	-599,66	1,62	269,70	--	--
17	3,60	1,00, 0,86	0,001901	0,001272	87,13	-616,13	1,45	274,04	--	--
18	3,83	1,00, 0,88	0,000000	0,001272	0,22	-1,66	0,00	278,77	--	--
19	4,05	1,00, 0,90	0,001901	0,001272	82,90	-649,26	1,19	284,90	--	--
20	4,28	1,00, 0,93	0,001901	0,001272	81,17	-665,91	1,09	291,03	--	--
21	4,50	1,00, 0,95	0,001901	0,001272	79,63	-682,61	1,00	297,16	--	--

### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000000	0,001272	0	0	0	0
2	0,23	1,00, 0,52	0,001901	0,001272	11	8	6	-155
3	0,45	1,00, 0,54	0,001901	0,001272	39	15	406	-511
4	0,68	1,00, 0,57	0,001901	0,001272	86	23	1529	-1075
5	0,90	1,00, 0,59	0,001901	0,001272	148	31	3373	-1811
6	1,13	1,00, 0,61	0,001901	0,001272	223	39	5915	-2705
7	1,35	1,00, 0,63	0,001901	0,001272	312	47	9138	-3746
8	1,57	1,00, 0,66	0,001901	0,001272	412	55	13031	-4929
9	1,80	1,00, 0,68	0,001901	0,001272	522	63	17585	-6246
10	2,02	1,00, 0,70	0,001901	0,001272	643	72	22793	-7691
11	2,25	1,00, 0,72	0,001901	0,001272	774	80	28647	-9259
12	2,48	1,00, 0,75	0,001901	0,001272	914	88	35143	-10946
13	2,70	1,00, 0,77	0,001901	0,001272	1063	97	42276	-12747
14	2,93	1,00, 0,79	0,001901	0,001272	1220	105	50041	-14658
15	3,15	1,00, 0,81	0,001901	0,001272	1384	114	58434	-16676
16	3,38	1,00, 0,84	0,001901	0,001272	1557	122	67453	-18797
17	3,60	1,00, 0,86	0,001901	0,001272	1737	131	77093	-21017
18	3,83	1,00, 0,88	0,000000	0,001272	325936	139	0	3088858
19	4,05	1,00, 0,90	0,001901	0,001272	2118	148	98228	-25747
20	4,28	1,00, 0,93	0,001901	0,001272	2318	157	109719	-28251
21	4,50	1,00, 0,95	0,001901	0,001272	2525	165	121820	-30843

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 86 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0,00	0,00	0,00	297,79	--	--
2	0,15	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0,00	0,00	0,00	297,79	--	--
3	0,30	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	57,03	362,37	--	--
4	0,45	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	26,74	362,37	--	--
5	0,60	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	14,34	362,37	--	--
6	0,73	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	9,18	362,37	--	--
7	0,87	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	6,40	362,37	--	--
8	1,00	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	689,50	4,84	362,37	--	--
9	1,17	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	689,50	2,39	362,37	--	--
10	1,35	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	689,50	1,03	362,37	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
11	0,00	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0	4	0	0
12	0,15	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0	10	0	0
13	0,30	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	40	23	2731	1016
14	0,45	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	84	40	5774	2402
15	0,60	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	201	69	10826	8130
16	0,73	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	257	95	17001	10423
17	0,87	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	357	215	24454	5532
18	1,00	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	472	327	32323	-5442
19	1,17	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	994	489	68019	-11452
20	1,35	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	2478	714	169594	-28553

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0,00	0,00	0,00	297,79	--	--
2	0,15	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0,00	0,00	0,00	297,79	--	--
3	0,30	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	97,06	362,37	--	--
4	0,45	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	75,98	362,37	--	--
5	0,60	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	32,16	362,37	--	--
6	0,73	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	18,51	362,37	--	--
7	0,87	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	11,92	362,37	--	--
8	1,00	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	8,25	362,37	--	--
9	1,13	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	6,02	362,37	--	--
10	1,27	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	4,58	362,37	--	--
11	1,40	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	3,61	297,79	--	--
12	1,55	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	2,86	297,79	--	--
13	1,70	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	2,28	362,37	--	--
14	1,85	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	1,88	362,37	--	--
15	2,00	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	1,59	362,37	--	--
16	2,15	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	1,37	362,37	--	--
17	2,30	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	0,00	-1360,65	1,18	362,37	--	--

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 87 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
18	0,00	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0	0	0	0
19	0,15	1,00, 1,00	0,000000	0,000000	0	0	0	0
20	0,30	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	45	0	-568	1813
21	0,45	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	100	0	-1274	4065
22	0,60	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	182	0	-2308	7365
23	0,73	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	274	0	-3477	11093
24	0,87	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	385	0	-4883	15578
25	1,00	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	514	0	-6525	20819
26	1,13	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	662	0	-8404	26812
27	1,27	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	829	0	-10514	33545
28	1,40	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	1013	0	-12850	41000
29	1,55	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	1240	0	-15740	50218
30	1,70	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	1493	0	-18942	60436
31	1,85	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	1767	0	-22416	71520
32	2,00	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	2061	0	-26151	83436
33	2,15	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	2376	0	-30150	96196
34	2,30	1,00, 1,00	0,003801	0,001901	2713	0	-34426	109838

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]

M<sub>pf</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	0,00	0,000000	0,001272	-59,91	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,23	0,001901	0,001272	71,94	0,00	0,0000	0,00	0,000
3	0,45	0,001901	0,001272	-80,49	-0,04	0,0000	0,00	0,000
4	0,68	0,001901	0,001272	-86,94	-0,21	0,0000	0,00	0,000
5	0,90	0,001901	0,001272	-93,62	-0,57	0,0000	0,00	0,000
6	1,13	0,001901	0,001272	-100,54	-1,21	0,0000	0,00	0,000
7	1,35	0,001901	0,001272	-107,70	-2,21	0,0000	0,00	0,000
8	1,57	0,001901	0,001272	-115,10	-3,63	0,0000	0,00	0,000
9	1,80	0,001901	0,001272	-122,74	-5,56	0,0000	0,00	0,000
10	2,02	0,001901	0,001272	-130,61	-8,08	0,0000	0,00	0,000
11	2,25	0,001901	0,001272	-138,72	-11,25	0,0000	0,00	0,000
12	2,48	0,001901	0,001272	-147,07	-15,16	0,0000	0,00	0,000
13	2,70	0,001901	0,001272	-155,65	-19,89	0,0000	0,00	0,000
14	2,93	0,001901	0,001272	-164,48	-25,50	0,0000	0,00	0,000
15	3,15	0,001901	0,001272	-173,54	-32,09	0,0000	0,00	0,000
16	3,38	0,001901	0,001272	-182,84	-39,72	0,0000	0,00	0,000
17	3,60	0,001901	0,001272	-192,37	-48,47	0,0000	0,00	0,000
18	3,83	0,000000	0,001272	-185,48	-58,41	0,0000	0,00	0,000
19	4,05	0,001901	0,001272	-212,16	-69,64	0,0000	0,00	0,000
20	4,28	0,001901	0,001272	-222,41	-82,21	0,0000	0,00	0,000
21	4,50	0,001901	0,001272	-232,89	-96,21	0,0000	0,00	0,000

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 88 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	-2,30	0,000000	0,000000	235,31	0,11	0,0000	0,00	0,000
2	-2,15	0,000000	0,000000	-235,31	-1,32	0,0000	0,00	0,000
3	-2,00	0,003801	0,001901	-278,23	-2,45	0,0000	0,00	0,000
4	-1,85	0,003801	0,001901	-278,23	-5,77	0,0000	0,00	0,000
5	-1,70	0,003801	0,001901	-278,23	-17,97	0,0000	0,00	0,000
6	-1,57	0,003801	0,001901	-278,23	-23,43	0,0000	0,00	0,000
7	-1,43	0,003801	0,001901	263,35	21,44	0,0000	0,00	0,000
8	-1,30	0,003801	0,001901	263,35	28,31	0,0000	0,00	0,000
9	-1,12	0,003801	0,001901	263,35	63,12	0,0000	0,00	0,000
10	-0,95	0,003801	0,001901	263,35	165,38	0,0000	0,00	0,000
11	0,00	0,003801	0,001901	-278,23	-164,75	0,0000	0,00	0,000
12	0,15	0,003801	0,001901	-278,23	-126,47	0,0000	0,00	0,000
13	0,30	0,003801	0,001901	-278,23	-103,95	0,0000	0,00	0,000
14	0,45	0,003801	0,001901	-278,23	-87,71	0,0000	0,00	0,000
15	0,60	0,003801	0,001901	-278,23	-75,30	0,0000	0,00	0,000
16	0,75	0,003801	0,001901	-278,23	-67,66	0,0000	0,00	0,000
17	0,90	0,003801	0,001901	-278,23	-68,22	0,0000	0,00	0,000
18	1,03	0,003801	0,001901	-278,23	-69,67	0,0000	0,00	0,000
19	1,17	0,003801	0,001901	-278,23	-67,08	0,0000	0,00	0,000
20	1,30	0,003801	0,001901	-278,23	-61,61	0,0000	0,00	0,000
21	1,43	0,003801	0,001901	-278,23	-53,68	0,0000	0,00	0,000
22	1,57	0,003801	0,001901	-278,23	-42,97	0,0000	0,00	0,000
23	1,70	0,003801	0,001901	-278,23	-28,50	0,0000	0,00	0,000
24	1,85	0,003801	0,001901	-278,23	-14,40	0,0000	0,00	0,000
25	2,00	0,003801	0,001901	-278,23	-7,17	0,0000	0,00	0,000
26	2,15	0,000000	0,000000	-235,31	-2,65	0,0000	0,00	0,000
27	2,30	0,000000	0,000000	235,31	0,28	0,0000	0,00	0,000

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	333	100	95	388	verificato	Spilli Φ12/40x40
Fondazione	502	100	100	737	verificato	Φ18/20

### VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 26φ24 e staffa a spirale φ16/20
- Gabbia inferiore 18φ18 e staffa a spirale φ14/20

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

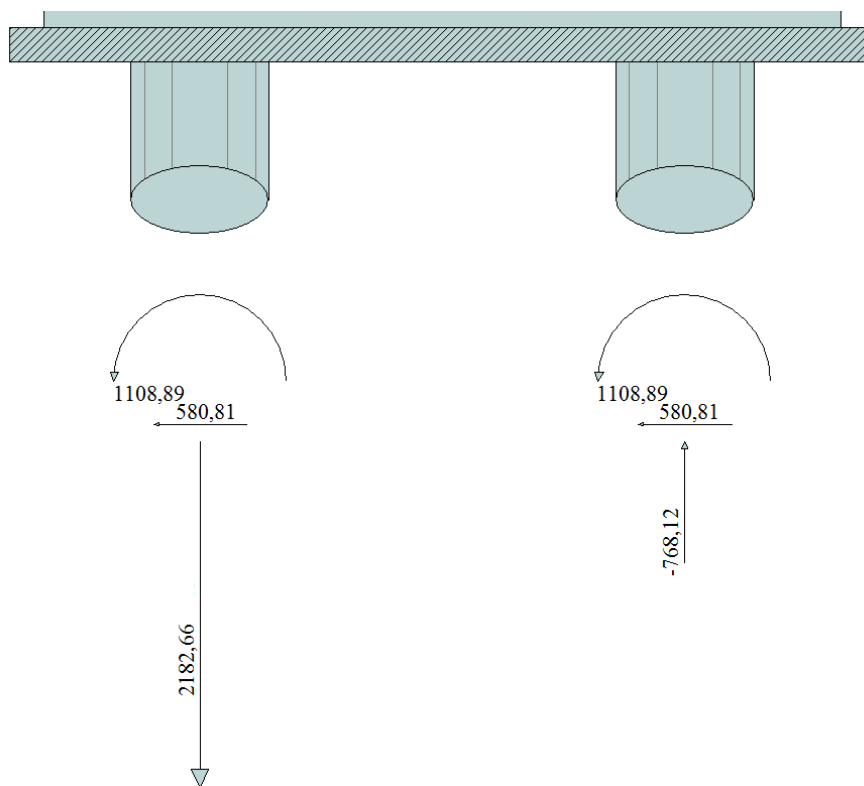
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 89 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

Verifica a pressoflessione - SLU			Verifica a taglio - SLU		
$M_{Ed,Max}$	$M_{Rd}$	c.s. Flessione	$V_{Ed,Max}$	$V_{Rd}$	c.s. Taglio
[kNm]	[kNm]	[-]	[kNm]	[kNm]	[-]
1109	1142	1.03	580	670	1.16

Verifica tensionale - SLE			Verifica a fessurazione - SLE			
Combo Rara			Combo QP		Combo F	
$M_{Ed,Max}$	$\sigma_{C,MAX}$	$\sigma_{S,MIN}$	$M_{Ed,Max}$	w	$M_{Ed,Max}$	w
[kNm]	[MPa]	[MPa]	[kNm]	[mm]	[kNm]	[mm]
423	8.3	-160	390	0.17	412	0.19

### 12.1.3 Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 9, con riferimento ai pali di diametro D800 si è assunto per il muro  $L_{pali} = 16.00m$ .

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 90 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### 12.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA TIPO 3

#### 12.2.1 Modello di calcolo

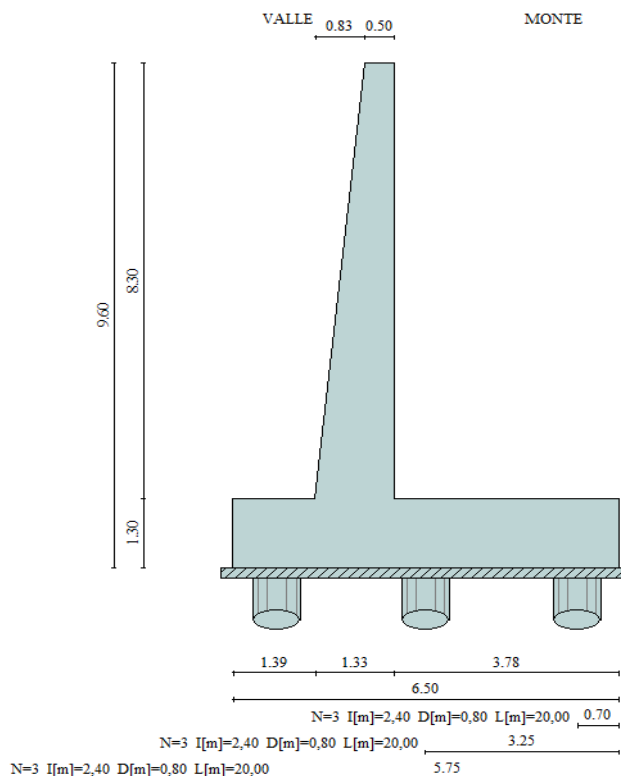
Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidità. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidità del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidità di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata,  $K$ . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $K_h$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuppi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

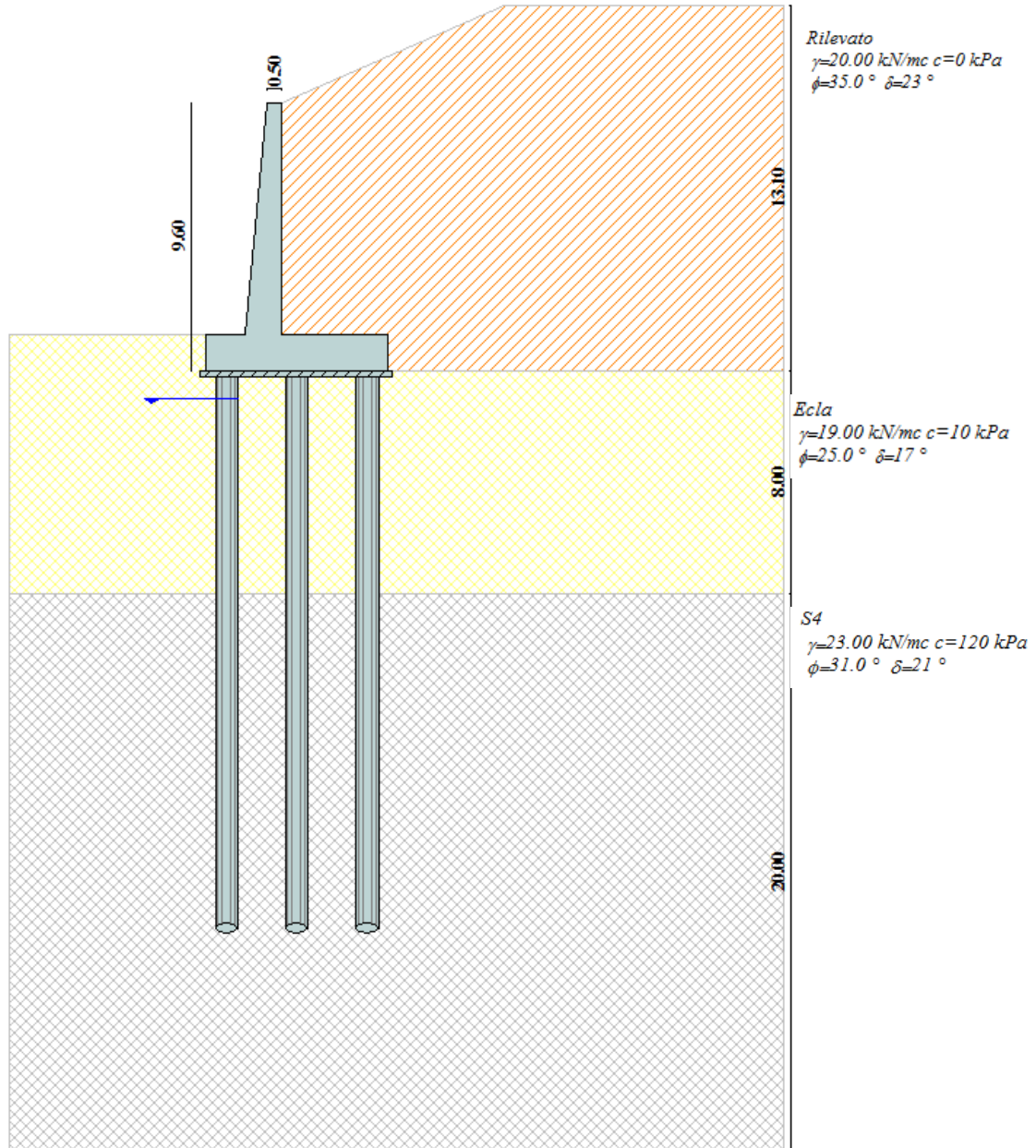
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 91 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Geometria muro



Modello di calcolo muro su PALI

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

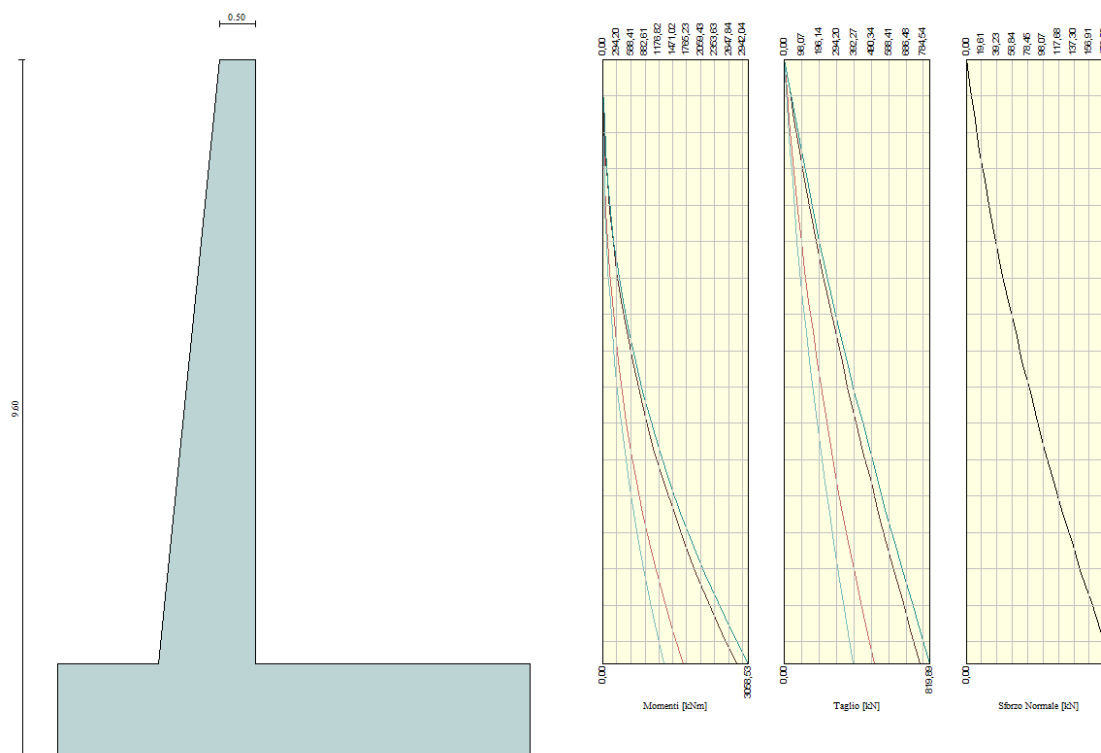
OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 92 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	773,0415	0,0000
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	843,5006	0,0000
3	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	594,6473	521,9384
4	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	594,6473	416,3355
5	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	594,6473	521,9384
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	594,6473	0,0000
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	628,8171	0,0000
8	SLEP - [1]	--	--	--	--	--	641,1209	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



### Involuppo sollecitazioni sul muro

#### 12.2.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ24/10	1φ22/20	FONDAZIONE	1φ24/10	1φ24/10+1φ24/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 93 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

#### Inviluppo Sollecitazioni paramento

##### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,42	5,2973	5,2973	2,3564	6,0917	11,8608	29,8233
3	0,83	11,0147	11,0147	9,8228	24,6994	25,1767	60,8690
4	1,25	17,1521	17,1521	22,9912	56,3194	39,9322	93,1251
5	1,66	23,7096	23,7096	42,4491	101,4443	56,1234	126,5888
6	2,08	30,6872	30,6872	68,7835	160,5665	73,7505	161,2601
7	2,49	38,0848	38,0848	102,5816	234,1782	92,8133	197,1389
8	2,91	45,9025	45,9025	144,4305	322,7720	113,3119	234,2252
9	3,32	54,1403	54,1403	194,9171	426,8402	135,2463	272,5191
10	3,74	62,7981	62,7981	254,6287	546,8751	158,6164	312,0205
11	4,15	71,8760	71,8760	324,1523	683,3692	183,4224	352,7295
12	4,57	81,3740	81,3740	404,0749	836,8147	209,6641	394,6460
13	4,98	91,2920	91,2920	494,9838	1007,7041	237,3416	437,7701
14	5,40	101,6301	101,6301	597,4660	1196,5298	266,4549	482,1017
15	5,81	112,3883	112,3883	712,1085	1403,7841	297,0039	527,6408
16	6,23	123,5665	123,5665	839,4985	1629,9594	328,9888	574,3875
17	6,64	135,1647	135,1647	980,2203	1875,5459	362,3839	622,3222
18	7,06	147,1831	147,1831	1134,7976	2140,9873	396,8420	671,1776
19	7,47	159,6215	159,6215	1303,5259	2426,5516	431,7262	720,4638
20	7,89	172,4800	172,4800	1486,5142	2732,3636	466,8367	770,0273
21	8,30	185,7585	185,7585	1683,8548	3058,5348	502,1973	819,8862

##### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,42	5,2973	5,2973	1,8001	1,8001	9,1237	9,1237
3	0,83	11,0147	11,0147	7,5045	7,5045	19,3667	19,3667
4	1,25	17,1521	17,1521	17,5667	17,5667	30,7171	30,7171
5	1,66	23,7096	23,7096	32,4364	32,4364	43,1719	43,1719
6	2,08	30,6872	30,6872	52,5634	52,5634	56,7311	56,7311
7	2,49	38,0848	38,0848	78,3971	78,3971	71,3948	71,3948
8	2,91	45,9025	45,9025	110,3871	110,3871	87,1630	87,1630
9	3,32	54,1403	54,1403	148,9831	148,9831	104,0356	104,0356
10	3,74	62,7981	62,7981	194,6347	194,6347	122,0126	122,0126
11	4,15	71,8760	71,8760	247,7913	247,7913	141,0941	141,0941
12	4,57	81,3740	81,3740	308,9027	308,9027	161,2801	161,2801
13	4,98	91,2920	91,2920	378,4183	378,4183	182,5704	182,5704
14	5,40	101,6301	101,6301	456,7878	456,7878	204,9653	204,9653
15	5,81	112,3883	112,3883	544,4608	544,4608	228,4646	228,4646
16	6,23	123,5665	123,5665	641,8869	641,8869	253,0683	253,0683
17	6,64	135,1647	135,1647	749,5134	749,5134	278,7568	278,7568
18	7,06	147,1831	147,1831	867,7413	867,7413	305,2631	305,2631
19	7,47	159,6215	159,6215	996,7958	996,7958	332,0971	332,0971
20	7,89	172,4800	172,4800	1136,7589	1136,7589	359,1051	359,1051
21	8,30	185,7585	185,7585	1287,6993	1287,6993	386,3056	386,3056

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 94 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,002655	0,000000	0,00	0,00	1000,00	224,30	--	--
2	0,42	1,00, 0,54	0,002655	0,002262	522,26	-600,58	98,59	234,32	--	--
3	0,83	1,00, 0,58	0,007964	0,002262	681,25	-1527,64	61,85	351,39	--	--
4	1,25	1,00, 0,62	0,007964	0,002262	503,17	-1652,17	29,34	364,82	--	--
5	1,66	1,00, 0,67	0,007964	0,002262	416,15	-1780,56	17,55	377,98	--	--
6	2,08	1,00, 0,71	0,007964	0,002262	365,14	-1910,52	11,90	390,88	--	--
7	2,49	1,00, 0,75	0,007964	0,002262	331,98	-2041,31	8,72	403,56	--	--
8	2,91	1,00, 0,79	0,007964	0,002262	308,97	-2172,59	6,73	416,04	--	--
9	3,32	1,00, 0,83	0,007964	0,002262	292,20	-2303,66	5,40	428,34	--	--
10	3,74	1,00, 0,87	0,007964	0,002262	279,60	-2434,87	4,45	440,49	--	--
11	4,15	1,00, 0,91	0,007964	0,002262	269,91	-2566,22	3,76	452,49	--	--
12	4,57	1,00, 0,96	0,007964	0,002262	262,33	-2697,67	3,22	464,35	--	--
13	4,98	1,00, 1,00	0,007964	0,002262	256,31	-2829,20	2,81	476,11	--	--
14	5,40	1,00, 1,04	0,007964	0,002262	251,48	-2960,80	2,47	487,75	--	--
15	5,81	1,00, 1,08	0,007964	0,002262	247,58	-3092,44	2,20	499,30	--	--
16	6,23	1,00, 1,12	0,007964	0,002262	244,42	-3224,12	1,98	510,76	--	--
17	6,64	1,00, 1,16	0,007964	0,002262	241,85	-3355,84	1,79	522,14	--	--
18	7,06	1,00, 1,20	0,007964	0,002262	239,76	-3487,59	1,63	533,45	--	--
21	8,30	1,00, 1,33	0,007964	0,002262	235,56	-3878,57	1,27	567,02	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,002655	0,000000	0	0	0	0
2	0,42	1,00, 0,54	0,002655	0,002262	46	21	680	-580
3	0,83	1,00, 0,58	0,007964	0,002262	125	42	1475	-1633
4	1,25	1,00, 0,62	0,007964	0,002262	250	62	3503	-3250
5	1,66	1,00, 0,67	0,007964	0,002262	404	81	6292	-5264
6	2,08	1,00, 0,71	0,007964	0,002262	581	100	9784	-7611
7	2,49	1,00, 0,75	0,007964	0,002262	779	119	13935	-10240
8	2,91	1,00, 0,79	0,007964	0,002262	994	137	18713	-13115
9	3,32	1,00, 0,83	0,007964	0,002262	1223	155	24089	-16206
10	3,74	1,00, 0,87	0,007964	0,002262	1466	172	30043	-19490
11	4,15	1,00, 0,91	0,007964	0,002262	1720	190	36558	-22949
12	4,57	1,00, 0,96	0,007964	0,002262	1985	207	43618	-26567
13	4,98	1,00, 1,00	0,007964	0,002262	2259	224	51213	-30333
14	5,40	1,00, 1,04	0,007964	0,002262	2543	241	59332	-34235
15	5,81	1,00, 1,08	0,007964	0,002262	2834	258	67967	-38265
16	6,23	1,00, 1,12	0,007964	0,002262	3134	275	77110	-42417
17	6,64	1,00, 1,16	0,007964	0,002262	3441	292	86756	-46682
18	7,06	1,00, 1,20	0,007964	0,002262	3755	308	96893	-51054
21	8,30	1,00, 1,33	0,007964	0,002262	4724	353	129906	-64627

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Traffo 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 95 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
3	0,35	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	31,17	533,70	--	--
4	0,55	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	14,93	533,70	--	--
5	0,75	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	2530,34	8,43	533,70	--	--
6	0,95	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	2530,34	5,42	533,70	--	--
7	1,15	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	2530,34	3,24	533,70	--	--
8	1,39	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	2530,34	1,57	533,70	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
9	0,00	1,00, 1,30	0,000000	0,000000	0	14	0	0
10	0,17	1,00, 1,30	0,002655	0,000000	35675	47	0	196571
11	0,35	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	124	106	5944	3809
12	0,55	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	258	169	12347	5097
13	0,75	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	456	391	21834	-5936
14	0,95	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	709	593	33912	-9220
15	1,15	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	1191	790	56971	-15489
16	1,39	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	2482	782	118741	-32283

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
4	0,70	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	19,76	533,70	--	--
5	0,90	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	11,84	533,70	--	--
6	1,10	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	7,91	533,70	--	--
7	1,32	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	5,46	533,70	--	--
8	1,54	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	4,04	533,70	--	--
9	1,76	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	3,20	367,73	--	--
10	1,98	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	2,63	370,05	--	--
11	2,19	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	2,22	533,70	--	--
12	2,41	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,91	533,70	--	--
13	2,63	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,66	533,70	--	--
14	2,85	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,45	533,70	--	--
15	3,05	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,31	533,70	--	--
16	3,25	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,20	533,70	--	--
17	3,45	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,12	533,70	--	--
18	3,65	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,04	533,70	--	--
19	3,78	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	0,00	-3755,10	1,01	533,70	--	--

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 96 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
20	0,00	1,00, 1,30	0,000000	0,000000	0	0	0	0
21	0,30	1,00, 1,30	0,002655	0,000000	63	0	0	3294
22	0,50	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	93	0	-1258	3128
23	0,70	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	177	0	-2380	5915
24	0,90	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	287	0	-3867	9612
25	1,10	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	426	0	-5735	14254
26	1,32	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	610	0	-8217	20425
27	1,54	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	829	0	-11162	27745
28	1,76	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	1082	0	-14567	36207
29	1,98	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	1369	0	-18426	45800
30	2,19	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	1688	0	-22723	56480
31	2,41	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	2035	0	-27395	68095
32	2,63	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	2408	0	-32418	80579
33	2,85	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	2884	0	-38827	96508
34	3,05	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	3305	0	-44489	110582
35	3,25	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	3626	0	-48811	121326
36	3,45	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	3851	0	-51843	128861
37	3,65	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	4196	47	-56483	140394
38	3,78	1,00, 1,30	0,007964	0,005309	4542	45	-61144	151982

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	0,00	0,002655	0,000000	-70,38	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,42	0,002655	0,002262	-84,20	-1,80	0,0000	0,00	0,000
3	0,83	0,007964	0,002262	-124,85	-7,50	0,0000	0,00	0,000
4	1,25	0,007964	0,002262	-140,67	-17,57	0,0000	0,00	0,000
5	1,66	0,007964	0,002262	-157,29	-32,44	0,0000	0,00	0,000
6	2,08	0,007964	0,002262	-174,73	-52,56	0,0000	0,00	0,000
7	2,49	0,007964	0,002262	-192,97	-78,40	0,0000	0,00	0,000
8	2,91	0,007964	0,002262	-212,03	-110,39	0,0000	0,00	0,000
9	3,32	0,007964	0,002262	-231,89	-148,98	0,0000	0,00	0,000
10	3,74	0,007964	0,002262	-252,55	-194,63	0,0000	0,00	0,000
11	4,15	0,007964	0,002262	-274,03	-247,79	0,0000	0,00	0,000
12	4,57	0,007964	0,002262	-296,32	-308,90	0,0127	77,90	0,017
13	4,98	0,007964	0,002262	-319,41	-378,42	0,0149	77,90	0,020
14	5,40	0,007964	0,002262	-343,31	-456,79	0,0197	77,90	0,026
15	5,81	0,007964	0,002262	-368,02	-544,46	0,0246	77,90	0,033
16	6,23	0,007964	0,002262	-393,53	-641,89	0,0297	77,90	0,039
17	6,64	0,007964	0,002262	-419,85	-749,51	0,0348	77,90	0,046
18	7,06	0,007964	0,002262	-446,98	-867,74	0,0402	77,90	0,053
19	7,47	0,007964	0,002262	-446,98	-996,80	0,0502	77,90	0,063
20	7,89	0,007964	0,002262	-432,64	-1136,76	0,0542	77,90	0,071
21	8,30	0,007964	0,002262	-533,22	-1287,70	0,0572	77,90	0,076



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 97 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	-2,72	0,000000	0,000000	-397,68	-0,82	0,0000	0,00	0,000
2	-2,54	0,002655	0,000000	406,15	15,25	0,0000	0,00	0,000
3	-2,37	0,007964	0,005309	495,39	36,07	0,0000	0,00	0,000
4	-2,17	0,007964	0,005309	495,39	74,91	0,0000	0,00	0,000
5	-1,97	0,007964	0,005309	495,39	132,45	0,0000	0,00	0,000
6	-1,77	0,007964	0,005309	495,39	205,71	0,0000	0,00	0,000
7	-1,57	0,007964	0,005309	495,39	345,68	0,0000	0,00	0,000
8	-1,33	0,007964	0,005309	495,39	720,91	0,0427	93,15	0,068
9	0,00	0,007964	0,005309	-523,46	-1349,38	0,0661	77,90	0,088
10	0,13	0,007964	0,005309	-523,46	-1244,28	0,0601	77,90	0,080
11	0,33	0,007964	0,005309	-523,46	-1139,64	0,0541	77,90	0,072
12	0,53	0,007964	0,005309	-523,46	-1072,72	0,0501	77,90	0,066
13	0,73	0,007964	0,005309	-523,46	-976,80	0,0444	77,90	0,059
14	0,93	0,007964	0,005309	-523,46	-850,80	0,0367	77,90	0,049
15	1,15	0,007964	0,005309	-523,46	-708,31	0,0275	77,90	0,036
16	1,37	0,007964	0,005309	-523,46	-597,27	0,0198	77,90	0,026
17	1,59	0,007964	0,005309	-523,46	-494,25	0,0000	0,00	0,000
18	1,80	0,007964	0,005309	-523,46	-399,85	0,0000	0,00	0,000
19	2,02	0,007964	0,005309	-523,46	-315,45	0,0000	0,00	0,000
20	2,24	0,007964	0,005309	-523,46	-241,39	0,0000	0,00	0,000
21	2,46	0,007964	0,005309	-523,46	-177,69	0,0000	0,00	0,000
22	2,68	0,007964	0,005309	-523,46	-124,19	0,0000	0,00	0,000
23	2,88	0,007964	0,005309	-523,46	-85,60	0,0000	0,00	0,000
24	3,08	0,007964	0,005309	-523,46	-53,77	0,0000	0,00	0,000
25	3,28	0,007964	0,005309	-523,46	-28,75	0,0000	0,00	0,000
26	3,48	0,002655	0,000000	-433,39	-10,20	0,0000	0,00	0,000
27	3,78	0,000000	0,000000	397,68	1,73	0,0000	0,00	0,000

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	819	100	115	1004	verificato	Spilli Φ16/40x40
Fondazione	1453	100	130	1484	verificato	Φ22/20

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

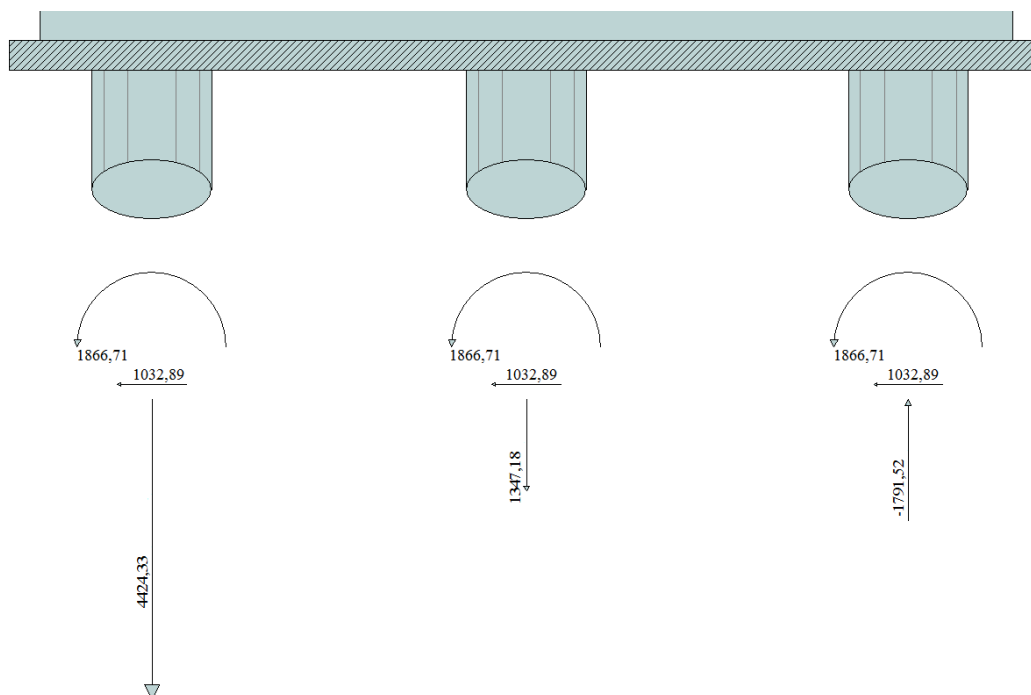
Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 98 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

### VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 44 $\phi$ 26 e staffa a spirale  $\phi$ 16/10
- Gabbia inferiore 20 $\phi$ 22 e staffa a spirale  $\phi$ 14/20

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

Verifica a pressoflessione - SLU			Verifica a taglio - SLU		
$M_{Ed,Max}$	$M_{Rd}$	c.s. Flessione	$V_{Ed,Max}$	$V_{Rd}$	c.s. Taglio
[kNm]	[kNm]	[-]	[kNm]	[kNm]	[-]
1867	1960	1.05	1032	1432	1.39

Verifica tensionale - SLE			Verifica a fessurazione - SLE			
Combo Rara			Combo QP		Combo F	
$M_{Ed,Max}$	$\sigma_{C,MAX}$	$\sigma_{S,MIN}$	$M_{Ed,Max}$	w	$M_{Ed,Max}$	w
[kNm]	[MPa]	[MPa]	[kNm]	[mm]	[kNm]	[mm]
881	11.1	-205	815	0.193	863	0.204

### 12.2.3 Verifiche capacità portante

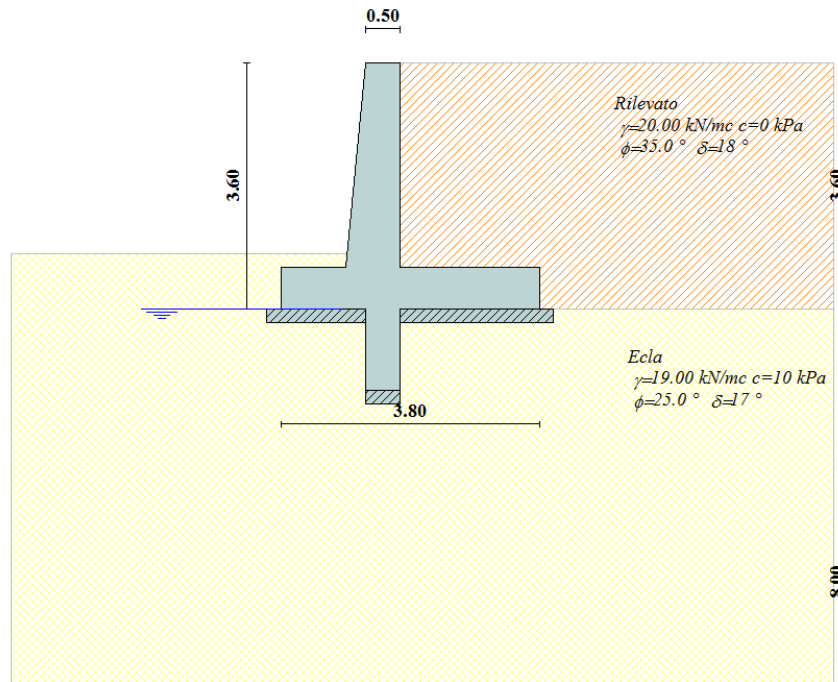
Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 9, con riferimento ai pali di diametro D800 si è assunto per il muro  $L_{pali} = 20.00m$ .

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 99 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

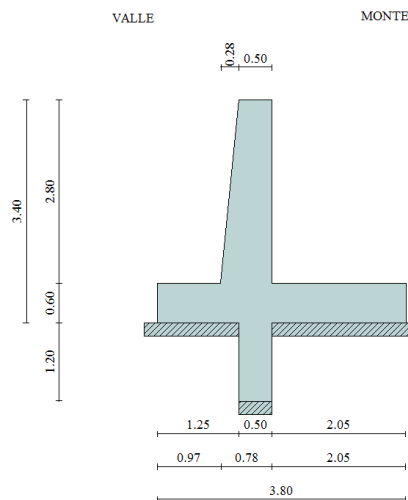
### 12.3 Risultati Analisi E Verifiche Muri Di Controripa Tipo 1

#### 12.3.1 Modelli di calcolo

Di seguito si riporta la rappresentazione del modello di calcolo adottato.



Modello di calcolo muro



Geometria muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

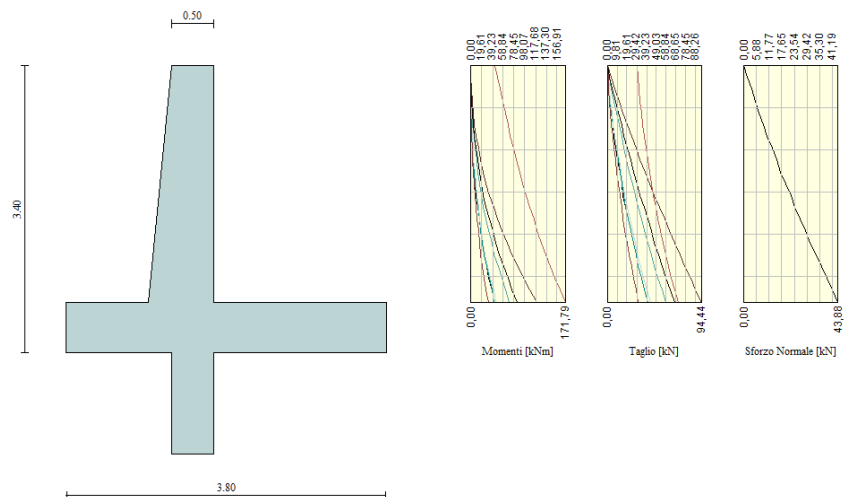
OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 100 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	2,25	9,72	--	58,1666	0,0000
2	EQU - [1]	--	6,81	--	--	--	58,8511	0,0000
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2,66	53,5010	0,0000
4	A1-M1 - [2]	--	--	1,82	5,00	--	108,2406	0,0000
5	EQU - [2]	--	5,57	--	--	--	120,9327	0,0000
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,70	107,2958	0,0000
7	A1-M1 - [3]	--	--	1,57	6,30	--	58,1666	0,0000
8	EQU - [3]	--	2,31	--	--	--	58,8511	0,0000
9	STAB - [3]	--	--	--	--	2,66	53,5010	0,0000
10	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1,74	9,44	--	44,7435	7,5161
11	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,76	8,76	--	44,7435	11,3980
12	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	4,37	--	--	--	53,5010	7,8205
13	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	5,26	--	--	--	53,5010	12,4679
14	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2,18	53,5010	12,4679
15	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2,20	53,5010	7,8205
16	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	1,76	8,76	--	44,7435	11,3980
17	SLEQ - [1]	--	--	2,88	10,60	--	44,7435	0,0000
18	SLEF - [1]	--	--	2,32	7,04	--	69,7556	0,0000
19	SLEF - [1]	--	--	2,22	6,32	--	78,1149	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



### Involuppo sollecitazioni sul muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 101 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### 12.3.2 Verifiche

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ14/20	1φ12/20	FONDAZIONE	1φ14/20	1φ14/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

#### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

##### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	45,0000	0,0000	30,0000
2	0,15	1,8662	1,8662	0,0659	49,5659	0,9953	30,9953
3	0,30	3,7873	3,7873	0,2775	54,2775	2,1325	32,1325
4	0,45	5,7633	5,7633	0,6555	59,1555	3,4078	33,4078
5	0,60	7,7941	7,7941	1,2200	64,2200	4,8204	34,8204
6	0,75	9,8799	9,8799	1,9912	69,4912	6,3703	36,3703
7	0,90	12,0205	12,0205	2,9894	74,9894	8,0209	38,0576
8	1,05	14,2160	14,2160	4,2346	80,7346	9,7965	39,8822
9	1,20	16,4663	16,4663	5,7376	86,7472	11,6972	41,8441
10	1,35	18,7716	18,7716	7,5102	93,0472	13,7229	43,9433
11	1,50	21,1317	21,1317	9,5785	99,6548	15,8738	46,3252
12	1,65	23,5467	23,5467	11,9609	106,5903	18,1497	51,5502
13	1,80	26,0166	26,0166	14,6757	113,8738	20,5508	56,8827
14	1,95	28,5413	28,5413	17,7413	121,5255	23,0769	62,3228
15	2,10	31,1210	31,1210	21,1759	129,5655	25,7282	67,8707
16	2,25	33,7555	33,7555	24,9981	138,0142	28,5045	73,5262
17	2,40	36,4449	36,4449	29,2260	146,8916	31,4060	79,2896
18	2,55	39,1891	39,1891	33,8782	156,2179	34,4325	85,1608
19	2,70	41,9883	41,9883	38,9728	166,0134	37,5841	91,1400
20	2,85	44,8423	44,8423	44,5284	176,2982	40,8608	97,2271
21	3,00	47,7512	47,7512	50,5624	187,0916	44,2433	103,4050

##### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,15	1,8662	1,8662	0,0491	0,2060	0,7656	2,8559
3	0,30	3,7873	3,7873	0,2070	0,8336	1,6403	5,8105
4	0,45	5,7633	5,7633	0,4895	1,8964	2,6214	8,8529
5	0,60	7,7941	7,7941	0,9119	3,4070	3,7080	11,9807
6	0,75	9,8799	9,8799	1,4899	5,3777	4,9003	15,1939
7	0,90	12,0205	12,0205	2,2387	7,8208	6,1982	18,4925
8	1,05	14,2160	14,2160	3,1739	10,7489	7,6017	21,8766
9	1,20	16,4663	16,4663	4,3108	14,1743	9,1108	25,3462
10	1,35	18,7716	18,7716	5,6648	18,1095	10,7256	28,9015
11	1,50	21,1317	21,1317	7,2515	22,5668	12,4460	32,5423
12	1,65	23,5467	23,5467	9,0862	27,5588	14,2721	36,2689

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 102 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

13	1,80	26,0166	26,0166	11,1844	33,0978	16,2037	40,0812
14	1,95	28,5413	28,5413	13,5615	39,1963	18,2410	43,9793
15	2,10	31,1210	31,1210	16,2329	45,8668	20,3840	47,9632
16	2,25	33,7555	33,7555	19,2141	53,1217	22,6325	52,0329
17	2,40	36,4449	36,4449	22,5204	60,9734	24,9867	56,1885
18	2,55	39,1891	39,1891	26,1674	69,4346	27,4465	60,4301
19	2,70	41,9883	41,9883	30,1705	78,5175	30,0120	64,7576
20	2,85	44,8423	44,8423	34,5450	88,2348	32,6831	69,1711
21	3,00	47,7512	47,7512	39,3058	98,5984	35,4429	73,6568

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000770	0,000770	0,00	0,00	2,96	173,53	--	--
2	0,15	1,00, 0,51	0,000770	0,000770	5,23	-138,84	2,80	177,75	--	--
3	0,30	1,00, 0,53	0,000770	0,000770	10,07	-144,38	2,66	181,95	--	--
4	0,45	1,00, 0,54	0,000770	0,000770	14,61	-149,91	2,53	186,13	--	--
5	0,60	1,00, 0,56	0,000770	0,000770	18,87	-155,45	2,42	190,31	--	--
6	0,75	1,00, 0,57	0,000770	0,000770	22,89	-160,99	2,32	194,48	--	--
7	0,90	1,00, 0,59	0,000770	0,000770	26,69	-166,53	2,22	198,64	--	--
8	1,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	30,30	-172,07	2,13	202,80	--	--
9	1,20	1,00, 0,62	0,000770	0,000770	33,71	-177,61	2,05	206,94	--	--
10	1,35	1,00, 0,63	0,000770	0,000770	36,95	-183,16	1,97	211,08	--	--
11	1,50	1,00, 0,65	0,000770	0,000770	40,01	-188,70	1,89	215,21	--	--
12	1,65	1,00, 0,66	0,000770	0,000770	42,91	-194,23	1,82	219,34	--	--
13	1,80	1,00, 0,68	0,000770	0,000770	45,64	-199,76	1,75	223,46	--	--
14	1,95	1,00, 0,69	0,000770	0,000770	48,21	-205,28	1,69	227,57	--	--
15	2,10	1,00, 0,71	0,000770	0,000770	50,63	-210,79	1,63	231,68	--	--
16	2,25	1,00, 0,72	0,001539	0,001539	104,45	-427,07	3,09	235,79	--	--
17	2,40	1,00, 0,74	0,001539	0,001539	108,67	-438,01	2,98	239,90	--	--
18	2,55	1,00, 0,75	0,000770	0,000770	57,01	-227,24	1,45	244,00	--	--
19	2,70	1,00, 0,77	0,000770	0,000770	58,85	-232,69	1,40	248,09	--	--
20	2,85	1,00, 0,78	0,000770	0,000770	60,57	-238,12	1,35	252,19	--	--
21	3,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	62,16	-243,53	1,30	256,28	--	--

### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000770	0,000770	0	0	0	0
2	0,15	1,00, 0,51	0,000770	0,000770	8	7	-39	-107
3	0,30	1,00, 0,53	0,000770	0,000770	30	14	431	-383
4	0,45	1,00, 0,54	0,000770	0,000770	73	21	1936	-849
5	0,60	1,00, 0,56	0,000770	0,000770	129	27	4497	-1446
6	0,75	1,00, 0,57	0,000770	0,000770	199	33	8014	-2156
7	0,90	1,00, 0,59	0,000770	0,000770	279	40	12424	-2973



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 103 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

8	1,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	369	46	17675	-3889
9	1,20	1,00, 0,62	0,000770	0,000770	468	51	23727	-4897
10	1,35	1,00, 0,63	0,000770	0,000770	575	57	30542	-5992
11	1,50	1,00, 0,65	0,000770	0,000770	690	63	38086	-7170
12	1,65	1,00, 0,66	0,000770	0,000770	811	68	46330	-8425
13	1,80	1,00, 0,68	0,000770	0,000770	939	74	55248	-9752
14	1,95	1,00, 0,69	0,000770	0,000770	1073	79	64815	-11149
15	2,10	1,00, 0,71	0,000770	0,000770	1212	84	75010	-12611
16	2,25	1,00, 0,72	0,001539	0,001539	981	89	44029	-11287
17	2,40	1,00, 0,74	0,001539	0,001539	1088	94	49837	-12536
18	2,55	1,00, 0,75	0,000770	0,000770	1658	99	109168	-17360
19	2,70	1,00, 0,77	0,000770	0,000770	1815	104	121689	-19054
20	2,85	1,00, 0,78	0,000770	0,000770	1975	109	134755	-20800
21	3,00	1,00, 0,80	0,000770	0,000770	2140	114	148351	-22595

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	0,00	1000,00	199,57	--	--
2	0,09	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	343,95	199,57	--	--
3	0,19	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	86,70	199,57	--	--
4	0,28	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	38,86	199,57	--	--
5	0,38	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	22,04	199,57	--	--
6	0,48	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	14,23	199,57	--	--
7	0,57	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	9,96	199,57	--	--
8	0,67	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	7,38	199,57	--	--
9	0,76	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	5,70	199,57	--	--
10	0,85	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	4,55	199,57	--	--
11	0,95	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	162,91	3,71	199,57	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
12	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0	0	0	0
13	0,09	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	7	9	520	-64
14	0,19	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	29	19	2108	-259
15	0,28	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	67	29	4806	-590
16	0,38	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	121	40	8658	-1063
17	0,48	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	191	51	13705	-1683
18	0,57	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	279	62	19991	-2454
19	0,67	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	384	74	27557	-3383
20	0,76	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	508	86	36447	-4474
21	0,85	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	651	98	46702	-5733
22	0,95	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	814	111	58366	-7165

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	0,00	1000,00	199,57	--	--
2	0,20	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	104,79	199,57	--	--
3	0,41	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	26,87	199,57	--	--
4	0,61	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	12,26	199,57	--	--

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 104 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

5	0,82	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	7,09	199,57	--	--
6	1,02	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	4,66	199,57	--	--
7	1,23	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	3,33	199,57	--	--
8	1,43	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	2,52	199,57	--	--
9	1,64	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	1,99	199,57	--	--
10	1,84	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	1,62	199,57	--	--
11	2,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0,00	-162,91	1,36	199,57	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
12	0,00	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	0	0	0	0
13	0,20	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	10	6	742	-91
14	0,41	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	36	9	2590	-318
15	0,61	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	69	10	4974	-611
16	0,82	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	102	10	7326	-899
17	1,02	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	127	10	9075	-1114
18	1,23	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	148	10	10620	-1304
19	1,43	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	181	-9	12948	-1590
20	1,64	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	208	-20	14944	-1835
21	1,84	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	229	-33	16423	-2016
22	2,05	1,00, 0,60	0,000770	0,000770	240	-49	17200	11115

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	94	100	80	245	verificato	Spilli Φ10/40x40
Fondazione	88	100	100	220	verificato	Elemento non armato a taglio

### VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

L'analisi di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop semplificato a portato alla seguente superficie di scorrimento critica:



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

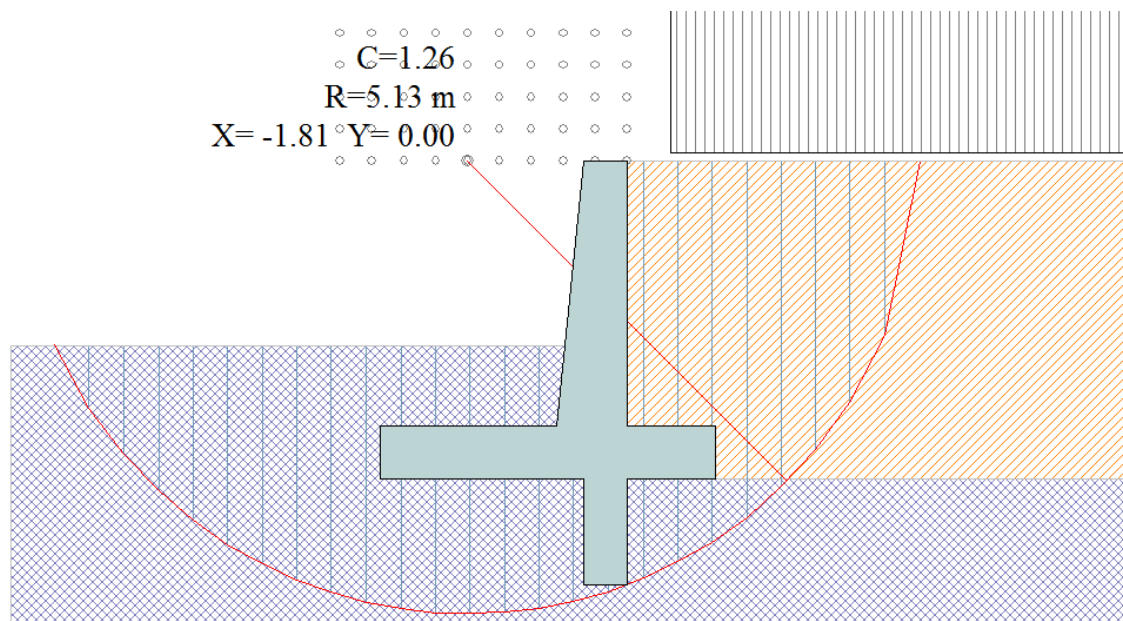
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 105 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



Verifica di stabilità globale

### VERIFICHE STRUTTURALI DEL DENTE DI FONDAZIONE

La verifica del dente di fondazione è condotta considerando agente a valle del dente la spinta passiva secondo una distribuzione triangolare di pendenza " $\gamma K_p$ ", dove il coefficiente di spinta passiva è stato valutato secondo la formulazione di Rankine:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

In tal modo si sono ottenute le seguenti sollecitazioni per metro di lunghezza:

$$V_{sd} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_d^2 = 35,95 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_d^3 = 14,4 \text{ kNm/m}$$

dove  $h_d$  è l'altezza del dente di fondazione pari a 120 cm.

Con queste sollecitazioni si sono effettuate le verifiche allo SLU e allo SLE ottenendo i seguenti risultati:

Geometrie							
b (cm)	H (cm)	c (cm)	d (cm)	Ac (mm <sup>2</sup> )			
50	100	5	115,0	500000			
Armature							
Armature taglio				Armature longitudinali .			
nb	$\varnothing$	p(cm)	Asw(mm <sup>2</sup> )	a°	n	$\varnothing$	mm <sup>2</sup>

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 106 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Armature							
Armature taglio					Armature longitudinali .		
nb	∅	p(cm)	Asw(mm2)	a°	n	∅	mm2
2,5	10,0	40	196,35	90	5	14	769,7

### Verifiche allo SLU

Mx (daN*cm/cm)	My (daN*cm/cm)	N (daN/cm)	CS,Ncost
144000	0	0	18.83 > 1

Vsd (KN)	VRcd (KN)	VRsd (KN)	Vrd (KN)	C (Vrd/Vsd)	Esito
35.95	1159,25	194,48	194,48	5,40	Soddisfatta

### Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Me	Ne	Es/Ec	Wk(mm)	Srm(mm)	fctd
135000	0	15	0	0	14.1

### VERIFICHE GETECNICHE

Si riportano di seguito i coefficienti di sicurezza per la valutazione della capacità portante nonché i coefficienti di sicurezzi minimi provenienti dalla analisi.

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

**Coeff. capacità portante**

$$N_c = 23.94$$

$$N_q = 13.20$$

$$N_\gamma = 9.46$$

**Fattori forma**

$$s_c = 1,00$$

$$s_q = 1,00$$

$$s_\gamma = 1,00$$

**Fattori inclinazione**

$$i_c = 0,76$$

$$i_q = 0,76$$

$$i_\gamma = 0,32$$

**Fattori profondità**

$$d_c = 1,10$$

$$d_q = 1,05$$

$$d_\gamma = 1,05$$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 19.95$$

$$N'_q = 10.50$$

$$N'_\gamma = 3.22$$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

$$2.22$$

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

$$6.32$$

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 107 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

## 12.4 Risultati Analisi E Verifiche Muri Di Controripa Tipo 2

### 12.4.1 Modello di calcolo

Le sollecitazioni provenienti dal muro vengono ripartite sui pali restituendo le sollecitazioni nei pali in termini di Taglio, Momento e sforzo normale. Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidzze. La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidzza del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo. Nota la matrice di rigidzza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata,  $K$ . A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $K_h$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno. In tale analisi i pali sono considerati incastrati alla fondazione di base. Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte sul muro su pali. Per ulteriori dettagli si ribanda ai tabulati in allegato.

Si riportano di seguito in forma tabellare i valori delle spinte di natura statica e sismica per le combinazioni analizzate, gli involuipi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

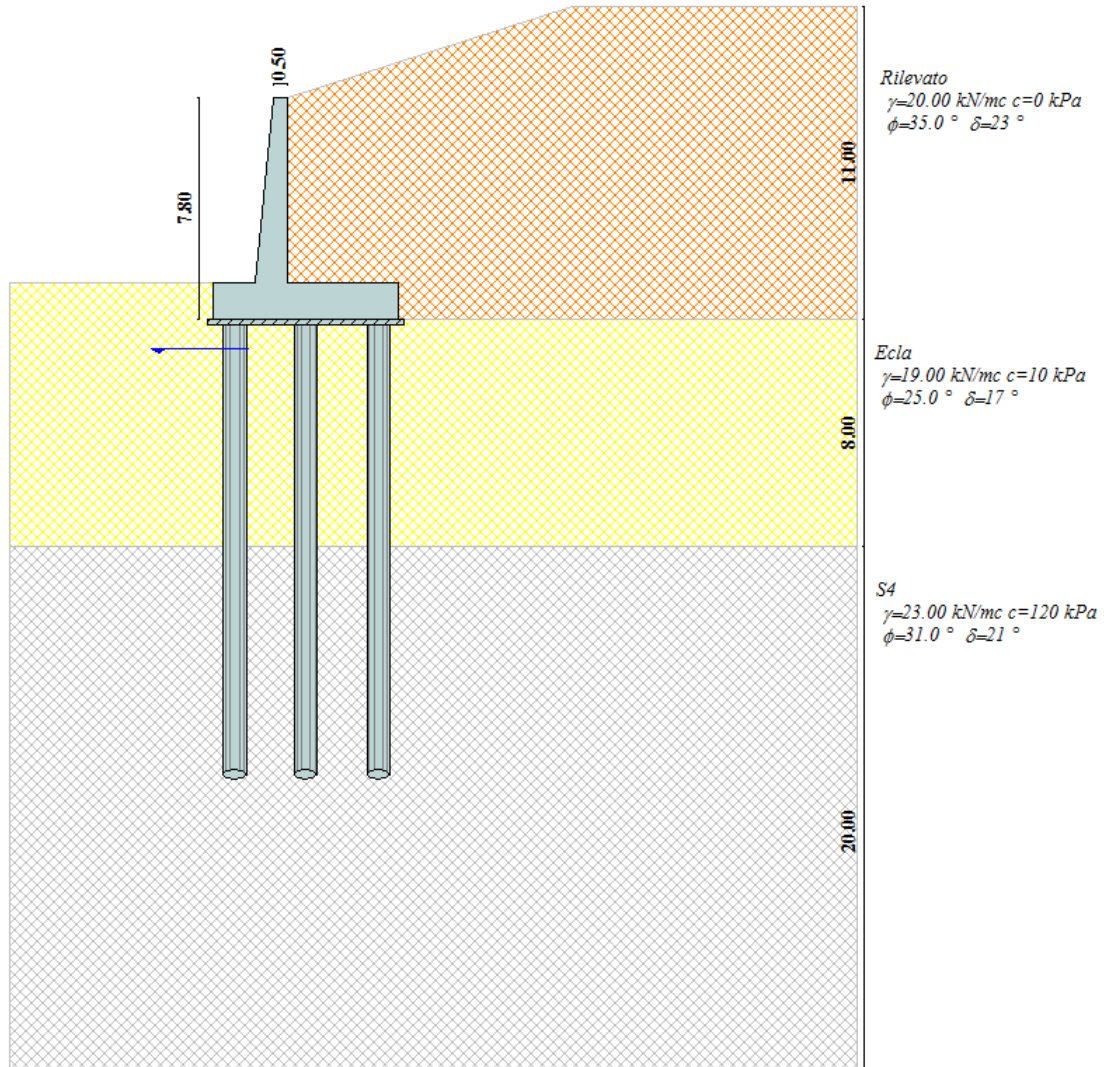
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 108 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



Modello di calcolo muro su PALI

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

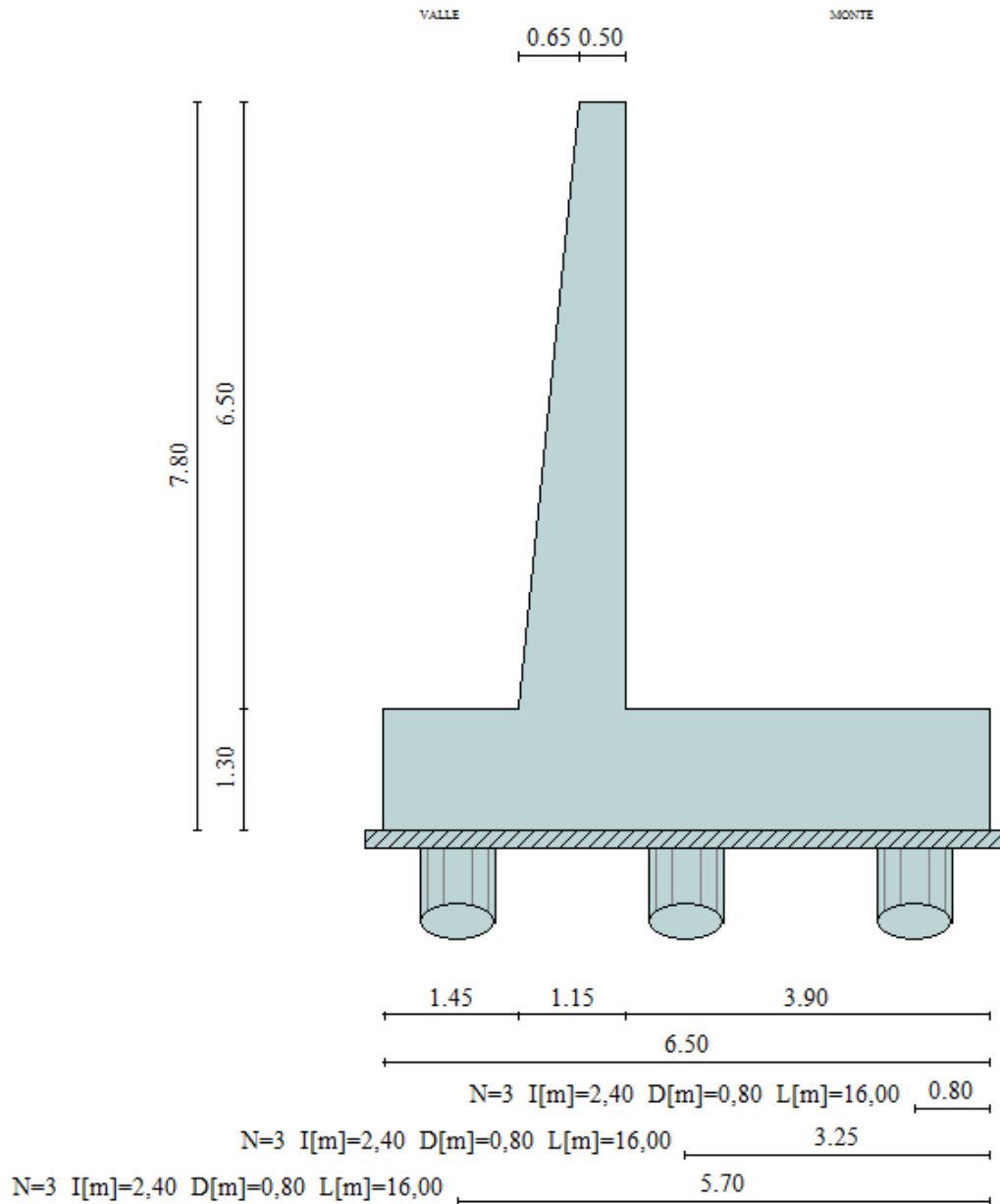
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 109 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



Geometria muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

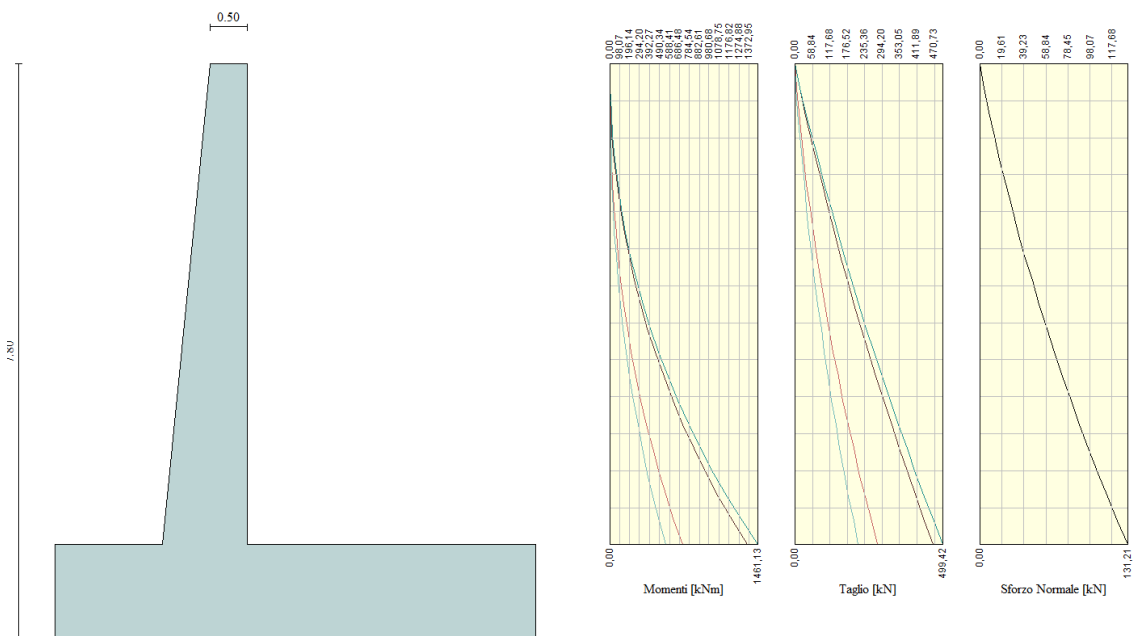
OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 110 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	505,0767	0,0000
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	549,2607	0,0000
3	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	388,5205	356,9118
4	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	388,5205	289,9647
5	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	388,5205	356,9118
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	388,5205	0,0000
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	409,1950	0,0000
8	SLER - [1]	--	--	--	--	--	417,3159	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



### Inviluppo sollecitazioni sul muro

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 111 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

### 12.4.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	1φ24/10	1φ22/20	FONDAZIONE	1φ24/10	1φ24/10+1φ24/20

Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 4 cm, mentre per i pali si è assunto un copriferro di calcolo pari a 7 cm.

#### Verifiche strutturali per paramento e fondazione

Di seguito si riporta l'inviluppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

##### Inviluppo Sollecitazioni paramento

###### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,33	4,1128	4,1128	1,0177	2,9816	6,5990	18,6648
3	0,65	8,4833	8,4833	4,2401	12,0699	13,9916	38,0032
4	0,98	13,1114	13,1114	9,9193	27,4782	22,1666	58,0068
5	1,30	17,9971	17,9971	18,3047	49,4179	31,1214	78,6734
6	1,63	23,1404	23,1404	29,6453	78,1003	40,8558	100,0030
7	1,95	28,5413	28,5413	44,1905	113,7367	51,3701	121,9956
8	2,27	34,1999	34,1999	62,1895	156,5385	62,6641	144,6513
9	2,60	40,1161	40,1161	83,8915	206,7168	74,7378	167,9700
10	2,93	46,2899	46,2899	109,5457	264,4829	87,5913	191,9518
11	3,25	52,7214	52,7214	139,4012	330,0481	101,2245	216,5965
12	3,58	59,4104	59,4104	173,7074	403,6238	115,6375	241,9044
13	3,90	66,3571	66,3571	212,7134	485,4211	130,8302	267,8752
14	4,23	73,5614	73,5614	256,6684	575,6514	146,8027	294,5091
15	4,55	81,0234	81,0234	305,8217	674,5260	163,5549	321,8060
16	4,88	88,7429	88,7429	360,4224	782,2561	181,0868	349,7660
17	5,20	96,7201	96,7201	420,7198	899,0530	199,3985	378,3890
18	5,53	104,9549	104,9549	486,9631	1025,1279	218,4900	407,6750
19	5,85	113,4474	113,4474	559,4015	1160,6923	238,3612	437,6241
20	6,17	122,1974	122,1974	638,2841	1305,9572	259,0121	468,2362
21	6,50	131,2051	131,2051	723,8495	1461,1258	280,3180	499,4154

###### Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,33	4,1128	4,1128	0,7752	0,7752	5,0762	5,0762
3	0,65	8,4833	8,4833	3,2304	3,2304	10,7628	10,7628
4	0,98	13,1114	13,1114	7,5586	7,5586	17,0512	17,0512
5	1,30	17,9971	17,9971	13,9505	13,9505	23,9395	23,9395
6	1,63	23,1404	23,1404	22,5969	22,5969	31,4276	31,4276
7	1,95	28,5413	28,5413	33,6885	33,6885	39,5155	39,5155
8	2,27	34,1999	34,1999	47,4161	47,4161	48,2031	48,2031
9	2,60	40,1161	40,1161	63,9703	63,9703	57,4906	57,4906

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	213	E	16	MU0000	REL	01	A	112 di 116

10	2,93	46,2899	46,2899	83,5420	83,5420	67,3779	67,3779
11	3,25	52,7214	52,7214	106,3219	106,3219	77,8650	77,8650
12	3,58	59,4104	59,4104	132,5006	132,5006	88,9519	88,9519
13	3,90	66,3571	66,3571	162,2689	162,2689	100,6386	100,6386
14	4,23	73,5614	73,5614	195,8176	195,8176	112,9251	112,9251
15	4,55	81,0234	81,0234	233,3373	233,3373	125,8114	125,8114
16	4,88	88,7429	88,7429	275,0189	275,0189	139,2975	139,2975
17	5,20	96,7201	96,7201	321,0529	321,0529	153,3835	153,3835
18	5,53	104,9549	104,9549	371,6303	371,6303	168,0692	168,0692
19	5,85	113,4474	113,4474	426,9416	426,9416	183,3547	183,3547
20	6,17	122,1974	122,1974	487,1777	487,1777	199,2401	199,2401
21	6,50	131,2051	131,2051	552,5208	552,5208	215,6292	215,6292

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000000	0,000000	0,00	0,00	1000,00	173,53	--	--
2	0,33	1,00, 0,53	0,004524	0,001901	1047,43	-960,34	254,67	277,20	--	--
3	0,65	1,00, 0,56	0,004524	0,001901	525,09	-944,22	61,90	286,31	--	--
4	0,98	1,00, 0,60	0,004524	0,001901	370,22	-980,00	28,24	295,25	--	--
5	1,30	1,00, 0,63	0,004524	0,001901	296,38	-1027,25	16,47	304,03	--	--
6	1,63	1,00, 0,66	0,004524	0,001901	253,40	-1078,88	10,95	312,68	--	--
7	1,95	1,00, 0,69	0,004524	0,001901	225,45	-1132,66	7,90	321,22	--	--
8	2,27	1,00, 0,73	0,004524	0,001901	205,94	-1187,66	6,02	329,64	--	--
9	2,60	1,00, 0,76	0,004524	0,001901	191,62	-1243,41	4,78	337,96	--	--
10	2,93	1,00, 0,79	0,004524	0,001901	180,74	-1299,67	3,90	346,19	--	--
11	3,25	1,00, 0,82	0,004524	0,001901	172,24	-1356,29	3,27	354,33	--	--
12	3,58	1,00, 0,86	0,004524	0,001901	165,46	-1413,16	2,79	362,40	--	--
13	3,90	1,00, 0,89	0,004524	0,001901	159,96	-1470,23	2,41	370,40	--	--
14	4,23	1,00, 0,92	0,004524	0,001901	155,43	-1527,46	2,11	378,34	--	--
15	4,55	1,00, 0,95	0,004524	0,001901	151,66	-1584,81	1,87	386,22	--	--
16	4,88	1,00, 0,99	0,004524	0,001901	148,50	-1642,27	1,67	394,04	--	--
17	5,20	1,00, 1,02	0,004524	0,001901	145,83	-1699,82	1,51	401,82	--	--
18	5,53	1,00, 1,05	0,004524	0,001901	143,56	-1757,42	1,37	409,55	--	--
20	6,17	1,00, 1,12	0,004524	0,001901	139,95	-1872,82	1,15	424,90	--	--
21	6,50	1,00, 1,15	0,004524	0,001901	138,51	-1930,60	1,06	432,52	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	1,00, 0,50	0,000000	0,000000	0	0	0	0
2	0,33	1,00, 0,53	0,004524	0,001901	26	16	185	-341
3	0,65	1,00, 0,56	0,004524	0,001901	88	31	1239	-1127
4	0,98	1,00, 0,60	0,004524	0,001901	180	46	3164	-2279



## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tirato 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 113 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

5	1,30	1,00, 0,63	0,004524	0,001901	296	61	5898	-3744
6	1,63	1,00, 0,66	0,004524	0,001901	434	75	9398	-5486
7	1,95	1,00, 0,69	0,004524	0,001901	590	90	13625	-7472
8	2,27	1,00, 0,73	0,004524	0,001901	762	104	18552	-9680
9	2,60	1,00, 0,76	0,004524	0,001901	948	118	24153	-12088
10	2,93	1,00, 0,79	0,004524	0,001901	1148	133	30410	-14681
11	3,25	1,00, 0,82	0,004524	0,001901	1359	147	37306	-17443
12	3,58	1,00, 0,86	0,004524	0,001901	1581	161	44827	-20364
13	3,90	1,00, 0,89	0,004524	0,001901	1814	175	52960	-23432
14	4,23	1,00, 0,92	0,004524	0,001901	2056	189	61697	-26640
15	4,55	1,00, 0,95	0,004524	0,001901	2307	202	71028	-29979
16	4,88	1,00, 0,99	0,004524	0,001901	2566	216	80946	-33442
17	5,20	1,00, 1,02	0,004524	0,001901	2833	230	91444	-37025
18	5,53	1,00, 1,05	0,004524	0,001901	3108	244	102517	-40721
20	6,17	1,00, 1,12	0,004524	0,001901	3679	271	126367	-48437
21	6,50	1,00, 1,15	0,004524	0,001901	3974	284	139133	-52447

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	0,00	-1073,57	1,67	367,73	--	--
2	0,17	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	0,00	-1073,57	0,07	367,73	--	--
3	0,35	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	42,91	505,97	--	--
4	0,55	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	20,19	505,97	--	--
5	0,75	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	11,25	505,97	--	--
6	0,95	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	7,22	505,97	--	--
7	1,15	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	4,67	505,97	--	--
8	1,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	2,03	505,97	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
9	0,00	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	966	7	0	6029
10	0,17	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	21503	27	0	134250
11	0,35	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	82	63	4162	2770
12	0,55	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	172	103	8780	3876
13	0,75	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	308	236	15729	-3980
14	0,95	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	480	361	24476	-6193
15	1,15	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	744	482	37961	-9604
16	1,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1737	473	88576	-22411

#### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	0,00	1,34	0,55	367,73	--	--
2	0,30	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	154,38	367,73	--	--
3	0,50	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	57,97	505,97	--	--
4	0,70	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	29,57	505,97	--	--
5	0,90	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	17,77	505,97	--	--
6	1,10	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	11,89	505,97	--	--
7	1,32	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	8,24	505,97	--	--
8	1,54	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	6,10	505,97	--	--
9	1,76	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	4,81	367,73	--	--

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 114 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

10	1,98	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	3,92	367,73	--	--
11	2,19	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	3,28	505,97	--	--
12	2,41	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	2,79	505,97	--	--
13	2,63	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	2,42	505,97	--	--
14	2,85	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	2,10	505,97	--	--
15	3,05	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,88	505,97	--	--
16	3,25	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,72	505,97	--	--
17	3,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,60	505,97	--	--
18	3,65	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,51	505,97	--	--
19	3,90	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,37	505,97	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
20	0,00	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	3512	0	0	21930
21	0,30	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	39	0	-527	1425
22	0,50	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	97	0	-1299	3510
23	0,70	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	137	0	-1829	4944
24	0,90	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	168	0	-2241	6055
25	1,10	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	179	6	-2395	6471
26	1,32	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	227	0	-3040	8214
27	1,54	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	310	0	-4144	11198
28	1,76	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	418	0	-5590	15106
29	1,98	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	555	0	-7420	20051
30	2,19	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	720	0	-9635	26036
31	2,41	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	911	0	-12191	32943
32	2,63	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1124	0	-15030	40615
33	2,85	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1422	0	-19017	51387
34	3,05	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1692	0	-22638	61174
35	3,25	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1883	0	-25190	68070
36	3,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2004	0	-26811	72450
37	3,65	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2130	56	-28494	76997
38	3,90	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2560	52	-34243	92533

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	0,00	0,000000	0,000000	-58,83	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,33	0,004524	0,001901	-90,13	-0,78	0,0000	0,00	0,000
3	0,65	0,004524	0,001901	-100,35	-3,23	0,0000	0,00	0,000
4	0,98	0,004524	0,001901	-111,08	-7,56	0,0000	0,00	0,000
5	1,30	0,004524	0,001901	-122,30	-13,95	0,0000	0,00	0,000
6	1,63	0,004524	0,001901	-134,02	-22,60	0,0000	0,00	0,000
7	1,95	0,004524	0,001901	-146,23	-33,69	0,0000	0,00	0,000
8	2,27	0,004524	0,001901	-158,94	-47,42	0,0000	0,00	0,000
9	2,60	0,004524	0,001901	-172,15	-63,97	0,0000	0,00	0,000
10	2,93	0,004524	0,001901	-185,85	-83,54	0,0000	0,00	0,000
11	3,25	0,004524	0,001901	-200,05	-106,32	0,0000	0,00	0,000
12	3,58	0,004524	0,001901	-214,75	-132,50	0,0000	0,00	0,000
13	3,90	0,004524	0,001901	-229,94	-162,27	0,0000	0,00	0,000
14	4,23	0,004524	0,001901	-245,62	-195,82	0,0000	0,00	0,000
15	4,55	0,004524	0,001901	-261,80	-233,34	0,0000	0,00	0,000
16	4,88	0,004524	0,001901	-278,48	-275,02	0,0000	0,00	0,000
17	5,20	0,004524	0,001901	-295,65	-321,05	0,0205	97,64	0,034
18	5,53	0,004524	0,001901	-313,32	-371,63	0,0231	97,64	0,038
19	5,85	0,000000	0,000000	-276,46	-426,94	100000,0000	1000,00	1000,000
20	6,17	0,004524	0,001901	-350,15	-487,18	0,0329	97,64	0,055
21	6,50	0,004524	0,001901	-369,30	-552,52	0,0385	97,64	0,064

### Verifica fessurazione fondazione

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 115 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	-2,60	0,002262	0,000000	-428,11	-0,48	0,0000	0,00	0,000
2	-2,42	0,002262	0,000000	404,93	9,03	0,0000	0,00	0,000
3	-2,25	0,006786	0,004524	480,94	21,67	0,0000	0,00	0,000
4	-2,05	0,006786	0,004524	480,94	45,70	0,0000	0,00	0,000
5	-1,85	0,006786	0,004524	480,94	81,87	0,0000	0,00	0,000
6	-1,65	0,006786	0,004524	480,94	127,38	0,0000	0,00	0,000
7	-1,45	0,006786	0,004524	480,94	197,60	0,0000	0,00	0,000
8	-1,15	0,006786	0,004524	480,94	461,47	0,0000	0,00	0,000
9	0,00	0,006786	0,004524	-504,74	-706,45	0,0329	81,68	0,046
10	0,25	0,006786	0,004524	-504,74	-585,65	0,0232	81,68	0,032
11	0,45	0,006786	0,004524	-504,74	-550,25	0,0204	81,68	0,028
12	0,65	0,006786	0,004524	-504,74	-516,69	0,0192	81,68	0,027
13	0,85	0,006786	0,004524	-504,74	-463,65	0,0000	0,00	0,000
14	1,05	0,006786	0,004524	-504,74	-388,22	0,0000	0,00	0,000
15	1,27	0,006786	0,004524	-504,74	-305,32	0,0000	0,00	0,000
16	1,49	0,006786	0,004524	-504,74	-246,63	0,0000	0,00	0,000
17	1,71	0,006786	0,004524	-504,74	-193,95	0,0000	0,00	0,000
18	1,92	0,006786	0,004524	-504,74	-148,54	0,0000	0,00	0,000
19	2,14	0,006786	0,004524	-504,74	-111,30	0,0000	0,00	0,000
20	2,36	0,006786	0,004524	-504,74	-82,18	0,0000	0,00	0,000
21	2,58	0,006786	0,004524	-504,74	-60,26	0,0000	0,00	0,000
22	2,80	0,006786	0,004524	-504,74	-48,20	0,0000	0,00	0,000
23	3,00	0,006786	0,004524	-504,74	-46,40	0,0000	0,00	0,000
24	3,20	0,006786	0,004524	-504,74	-38,57	0,0000	0,00	0,000
25	3,40	0,006786	0,004524	-504,74	-27,57	0,0000	0,00	0,000
26	3,60	0,006786	0,004524	-504,74	-11,19	0,0000	0,00	0,000
27	3,90	0,002262	0,000000	404,93	1,52	0,0000	0,00	0,000

### VERIFICHE A TAGLIO

I risultati ottenuti dalle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate per la struttura in esame sono riepilogati nella seguente tabella.

Verifica a taglio (per metro lineare di sviluppo longitudinale)						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	ESITO	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Paramento	500	100	115	645	verificato	Spilli Φ14/40x40
Fondazione	1423	100	130	1640	verificato	Φ20/20

### VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Per i pali di fondazione si prevedono le seguenti armature:

- Gabbia superiore 29φ26 e staffa a spirale φ14/10
- Gabbia inferiore 18φ20 e staffa a spirale φ14/20

Si riportano i risultati in termini di sollecitazione sul palo e verifiche a flessione e taglio:

## 2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

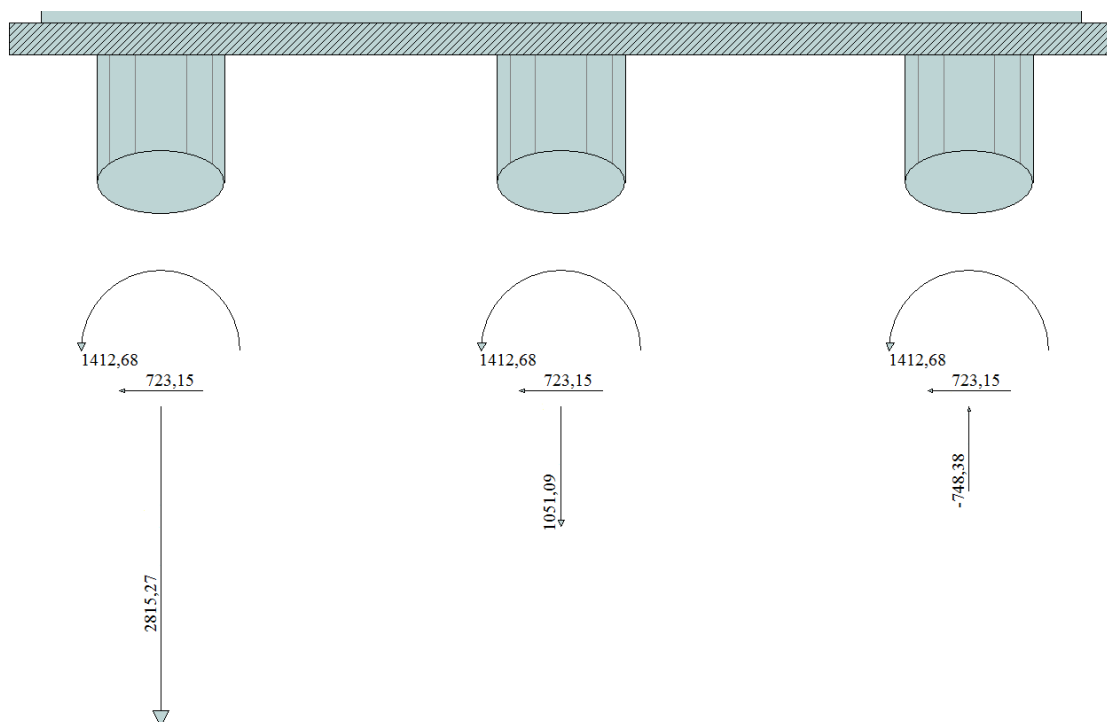
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

OPERE D'ARTE MINORI: TIPOLOGICI

Relazione tecnica e di calcolo opere di sostegno in c.a (muri)

Opera L073	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 116 di 116
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

Verifica a pressoflessione - SLU			Verifica a taglio - SLU		
$M_{Ed,Max}$	$M_{Rd}$	c.s. Flessione	$V_{Ed,Max}$	$V_{Rd}$	c.s. Taglio
[kNm]	[kNm]	[-]	[kNm]	[kNm]	[-]
1412	1454	1.03	723	1097	1.52

Verifica tensionale - SLE			Verifica a fessurazione - SLE			
Combo Rara			Combo QP		Combo F	
$M_{Ed,Max}$	$\sigma_{C,MAX}$	$\sigma_{S,MIN}$	$M_{Ed,Max}$	w	$M_{Ed,Max}$	w
[kNm]	[MPa]	[MPa]	[kNm]	[mm]	[kNm]	[mm]
597	9.8	-204	514	0.178	576	0.209

### 12.4.3 Verifiche capacità portante

Nel seguito si riportano i risultati riguardanti la valutazione della lunghezza minima dei pali necessaria al soddisfacimento delle verifiche di capacità portante. In particolare da un confronto tra i valori massimi degli sforzi normali massimi attesi e le curve di capacità portante presentate al paragrafo 9, con riferimento ai pali di diametro D800 si è assunto per il muro  $L_{pali} = 16.00m$ .