


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

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

### PROGETTO ESECUTIVO

<p><b>CONTRAENTE GENERALE:</b></p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Lieto</p>
--	---	--

*PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese*

*Mandatataria:*

PROGETTAZIONE  
GRANDI  
INFRASTRUTTURE  
**PROGIN** s.p.a.

**LOMBARDI SA**  
INGEGNERI CONSULENTI

**LOMBARDI-REICO**  
INGEGNERIA S.r.l.

**SGAI s.r.l.**  
di E. Forlani & C.  
Studio di Ingegneria e Geologia Applicata  
Via Marconi, 20 - 41013 Soriano di Romagna (PR) - ITALY  
P.IVA 02040400450 - telefono 0521/501982/27 - e-mail sgai@sgai.com  
www.sgai.com

*RESPONSABILE DELLA  
PROGETTAZIONE PER L'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*

### 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

SCALA:

### OPERE D'ARTE MINORI: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

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
	L 0 7 0 3	2 1 2	E	1 7	O S 0 8 0 0	R E L	0 1	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Maggio 2017	Emissione per Validazione RINA	PROGIN	PROGIN	S. LIETO	A.GRIMALDI

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 2 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

## INDICE

<b>1. GENERALITA'</b> .....	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	3
<b>2. UNITA' DI MISURA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI</b> .....	<b>5</b>
4.1 CALCESTRUZZO PARAMENTO MURI C25/30.....	5
4.2 CALCESTRUZZO C32/40 .....	5
4.3 ACCIAIO DI ARMATURA B450C .....	6
<b>5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....	<b>7</b>
5.1 CAPACITA' PORTANTE DEI PALI.....	7
<b>6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA</b> .....	<b>10</b>
<b>7. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI</b> .....	<b>12</b>
7.1 VERIFICA SLE .....	12
7.2 VERIFICHE SLU .....	14
<b>8. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DEI MURI DI SOSTEGNO</b> .....	<b>18</b>
8.1 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CALCOLO AI SENSI DM 14.01.08 .....	18
<b>9. ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>19</b>
9.1 CARICHI FISSI.....	19
9.2 SPINTE DEL TERRENO.....	19
9.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	21
9.4 AZIONE SISMICA .....	23
<b>10. COMBINAZIONI DI CALCOLO</b> .....	<b>26</b>
<b>11. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE</b> .....	<b>28</b>
11.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 2 .....	28
11.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 3.....	38
<b>ALLEGATO 1</b> .....	<b>48</b>
<b>TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 2</b> .....	<b>48</b>
<b>ALLEGATO 2</b> .....	<b>92</b>
<b>TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 3</b> .....	<b>92</b>

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 3 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

## 1. GENERALITA'

Nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice Perugia – Ancona “Pedemontana delle Marche”: Sub Lotto 2.2 Tratto Fabriano – Muccia Sfercia, è prevista la realizzazione di muri in sinistra situati tra Pk 4+369.71 e Pk 4+561.50. Nella presente relazione viene riportato il dimensionamento, le analisi e le verifiche strutturali e geotecniche delle opere.

### 1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nella seguente tabella vengono riassunte le caratteristiche geometriche dei muri in oggetto:

Lato	Pk. IN (Km)	Pk. FIN (Km)	Descrizione	Denominazione
SX e DX	4+369	4+561	Muro di controripa con 2 pali allineati	<b>Tipo 2</b>
			Muro di controripa con 3 pali allineati	<b>Tipo 3</b>

Denominazione	Hmax [m]	Lfond [m]	Sfond. [m]	n° Pali (Allineati)	Lpali [m]
<b>TIPO 2</b>	4.50	4.60	1.0	2	14
<b>TIPO 3</b>	6.70	6.50	1.3	3	16

Di seguito si riportano a titolo indicativo pianta e profilo dei muri in esame:

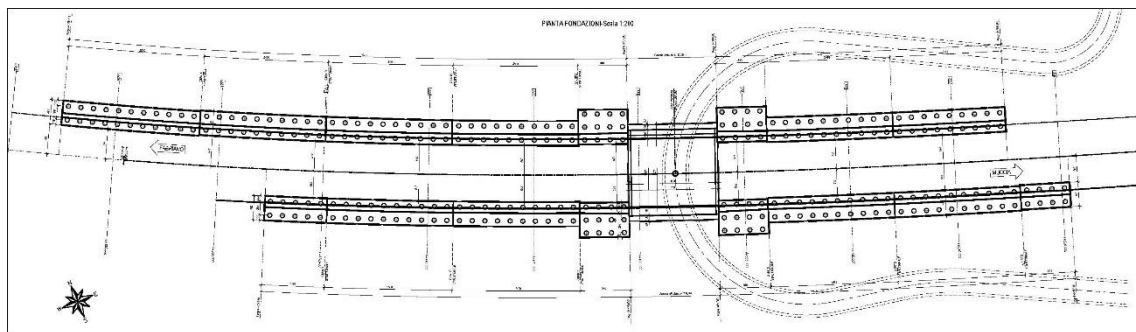


Figura 1: Pianta Muri

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 4 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

## 2. UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adotteranno 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.*

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 5 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

## 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
- $ot = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$  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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 6 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

### Resistenze di progetto allo SLE

- $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$  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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 7 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

## 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*.

La stratigrafia di progetto è indicata nelle tabelle seguenti.

**Tabella 1 – Stratigrafia di riferimento**

Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	
Ecla	7.0	Depositi alluvionali limoso argillosi
Salt	3.0	Substrato alterato limoso argilloso
Ap/Pa	>10.0	Substrato arenaceo pelitico / Substrato pelitico arenaceo
Falda: si assume prossima al piano campagna		

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]
Ecla	19.0	25	10
Salt	20.0	27	20
Ap/Pa (**)	23.0	31	120

$\gamma$  = peso di volume naturale

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

$c'$  = coesione drenata

### 5.1 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, mentre per la metodologia di calcolo si rimanda alla *Relazione Geotecnica Generale*.

**Tabella 3 – Parametri per il calcolo della capacità portante dei pali**

Approccio	n. di verticali indagate	$\xi_s$	$\gamma_s$	$\gamma_b$	$F_{SL}$	$F_{SB}$	$D_{palo}$ [mm]
2 (A1+M1+R3)	2	1.65	1.15	1.35	1.9	2.2	800

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 =  $Q_{ll}/F_{S,l} + Q_{bl}/F_{S,b} - W_p$

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 8 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

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

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	571.	0.	571.	248.
.50	11.	611.	1.	620.	270.
1.00	25.	650.	3.	673.	293.
1.50	42.	690.	4.	728.	318.
2.00	62.	729.	5.	787.	344.
2.50	86.	769.	6.	848.	372.
3.00	112.	718.	8.	823.	362.
3.50	142.	667.	9.	800.	354.
4.00	174.	616.	10.	780.	347.
4.50	210.	565.	11.	764.	342.
5.00	249.	514.	13.	751.	339.
5.50	291.	689.	14.	966.	435.
6.00	337.	864.	15.	1185.	533.
6.50	386.	1038.	16.	1408.	633.
7.00	455.	1213.	18.	1651.	743.
7.50	627.	1373.	19.	1980.	899.
8.00	815.	1532.	20.	2327.	1064.
8.50	1004.	1692.	21.	2674.	1229.
9.00	1192.	1851.	23.	3021.	1394.
9.50	1381.	2011.	24.	3367.	1558.
10.00	1569.	2011.	25.	3555.	1654.
10.50	1758.	2011.	26.	3742.	1749.
11.00	1946.	2011.	28.	3929.	1845.
11.50	2135.	2011.	29.	4116.	1940.
12.00	2323.	2011.	30.	4304.	2035.
12.50	2512.	2011.	31.	4491.	2131.
13.00	2700.	2011.	33.	4678.	2226.
13.50	2892.	2011.	34.	4868.	2323.
14.00	3102.	2111.	35.	5178.	2474.
14.50	3316.	2212.	36.	5491.	2626.
15.00	3530.	2312.	38.	5804.	2778.
15.50	3743.	2413.	39.	6117.	2930.
16.00	3957.	2513.	40.	6430.	3082.
16.50	4170.	2513.	41.	6642.	3190.
17.00	4384.	2513.	43.	6855.	3298.
17.50	4598.	2513.	44.	7067.	3407.
18.00	4811.	2513.	45.	7279.	3515.
18.50	5025.	2513.	46.	7492.	3623.
19.00	5239.	2513.	48.	7704.	3731.
19.50	5452.	2513.	49.	7916.	3840.
20.00	5666.	2513.	50.	8129.	3948.
20.50	5879.	2513.	52.	8341.	4056.
21.00	6093.	2513.	53.	8554.	4165.
21.50	6307.	2513.	54.	8766.	4273.
22.00	6520.	2513.	55.	8978.	4381.
22.50	6734.	2513.	57.	9191.	4489.
23.00	6948.	2513.	58.	9403.	4598.
23.50	7161.	2513.	59.	9615.	4706.
24.00	7375.	2513.	60.	9828.	4814.
24.50	7588.	2513.	62.	10040.	4923.
25.00	7802.	2513.	63.	10253.	5031.
25.50	8016.	2513.	64.	10465.	5139.
26.00	8229.	2513.	65.	10677.	5248.
26.50	8443.	2513.	67.	10890.	5356.
27.00	8657.	2513.	68.	11102.	5464.
27.50	8870.	2513.	69.	11314.	5572.
28.00	9084.	2513.	70.	11527.	5681.
28.50	9297.	2513.	72.	11739.	5789.



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 9 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	--------------------------

**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.	19.
1.50	42.	0.	-11.	53.	31.
2.00	62.	0.	-15.	77.	44.
2.50	86.	0.	-19.	104.	59.
3.00	112.	0.	-23.	135.	75.
3.50	142.	0.	-26.	168.	93.
4.00	174.	0.	-30.	204.	112.
4.50	210.	0.	-34.	244.	132.
5.00	249.	0.	-38.	287.	155.
5.50	291.	0.	-41.	332.	178.
6.00	337.	0.	-45.	382.	203.
6.50	386.	0.	-49.	435.	230.
7.00	455.	0.	-53.	508.	266.
7.50	627.	0.	-57.	683.	351.
8.00	815.	0.	-60.	875.	443.
8.50	1004.	0.	-64.	1068.	535.
9.00	1192.	0.	-68.	1260.	628.
9.50	1381.	0.	-72.	1452.	720.
10.00	1569.	0.	-75.	1645.	812.
10.50	1758.	0.	-79.	1837.	904.
11.00	1946.	0.	-83.	2029.	997.
11.50	2135.	0.	-87.	2221.	1089.
12.00	2323.	0.	-90.	2414.	1181.
12.50	2512.	0.	-94.	2606.	1273.
13.00	2700.	0.	-98.	2798.	1366.
13.50	2892.	0.	-102.	2994.	1459.
14.00	3102.	0.	-106.	3208.	1562.
14.50	3316.	0.	-109.	3425.	1666.
15.00	3530.	0.	-113.	3643.	1770.
15.50	3743.	0.	-117.	3860.	1874.
16.00	3957.	0.	-121.	4077.	1978.
16.50	4170.	0.	-124.	4295.	2082.
17.00	4384.	0.	-128.	4512.	2186.
17.50	4598.	0.	-132.	4730.	2290.
18.00	4811.	0.	-136.	4947.	2395.
18.50	5025.	0.	-139.	5164.	2499.
19.00	5239.	0.	-143.	5382.	2603.
19.50	5452.	0.	-147.	5599.	2707.
20.00	5666.	0.	-151.	5817.	2811.
20.50	5879.	0.	-155.	6034.	2915.
21.00	6093.	0.	-158.	6251.	3019.
21.50	6307.	0.	-162.	6469.	3123.
22.00	6520.	0.	-166.	6686.	3227.
22.50	6734.	0.	-170.	6904.	3331.
23.00	6948.	0.	-173.	7121.	3435.
23.50	7161.	0.	-177.	7338.	3539.
24.00	7375.	0.	-181.	7556.	3643.
24.50	7588.	0.	-185.	7773.	3747.
25.00	7802.	0.	-188.	7991.	3851.
25.50	8016.	0.	-192.	8208.	3956.
26.00	8229.	0.	-196.	8425.	4060.
26.50	8443.	0.	-200.	8643.	4164.
27.00	8657.	0.	-204.	8860.	4268.
27.50	8870.	0.	-207.	9078.	4372.
28.00	9084.	0.	-211.	9295.	4476.
28.50	9297.	0.	-215.	9512.	4580.



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 10 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## 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 = Fabriano;
- $a_{g,SLV}$  = **0.206 g**;
- $F_{0,SLV}$  = **2.526**;
- $T_{C,SLV}^*$  = **0.331 sec.**



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 11 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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	0.073	2.450	0.286
	SLD	63%	75	0.090	2.454	0.297
	SLV	10%	712	0.206	2.526	0.331
	SLC	5%	1462	0.262	2.555	0.339

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 = 1.25;
- $S_{T_r}$ , fattore topografico = 1.0;
- $C_c$ , fattore correttivo del periodo  $TC^*$  = 1.5.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 12 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## 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

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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 13 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### 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 :  $w \leq 0.3 \text{ mm}$

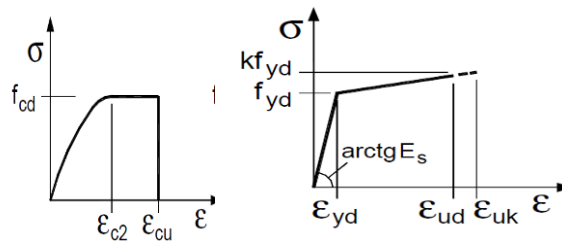
Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 14 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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.

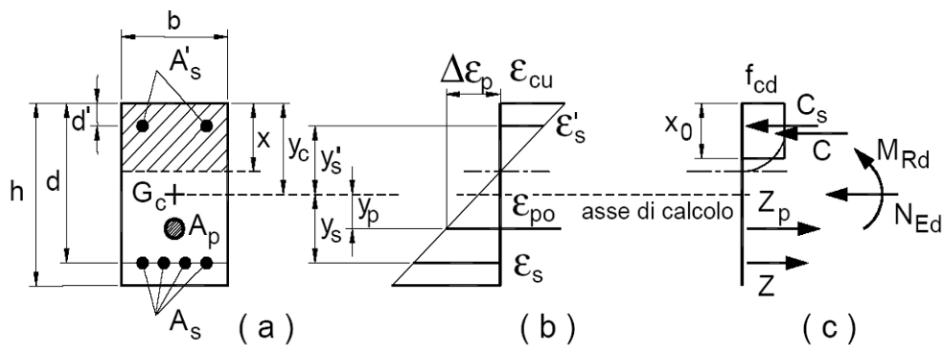
## 7.2 VERIFICHE SLU

### 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.



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 15 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 16 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### 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.

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21,8^\circ$$



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

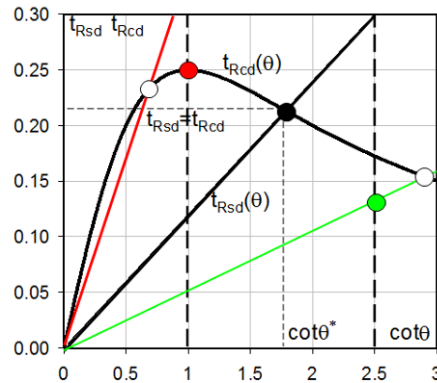
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 17 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



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

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

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

dove

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

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

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

$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 f_{cd}$
		1,25	per $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

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

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

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



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 18 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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

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

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



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 19 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

**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>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_M$ $\gamma_{\phi'}$	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>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_k$  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

## 9. ANALISI DEI CARICHI

### 9.1 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  $\gamma=25$  KN/m<sup>3</sup>, mentre per il terreno si è assunto  $\gamma=20$  KN/m<sup>3</sup>

### 9.2 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.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

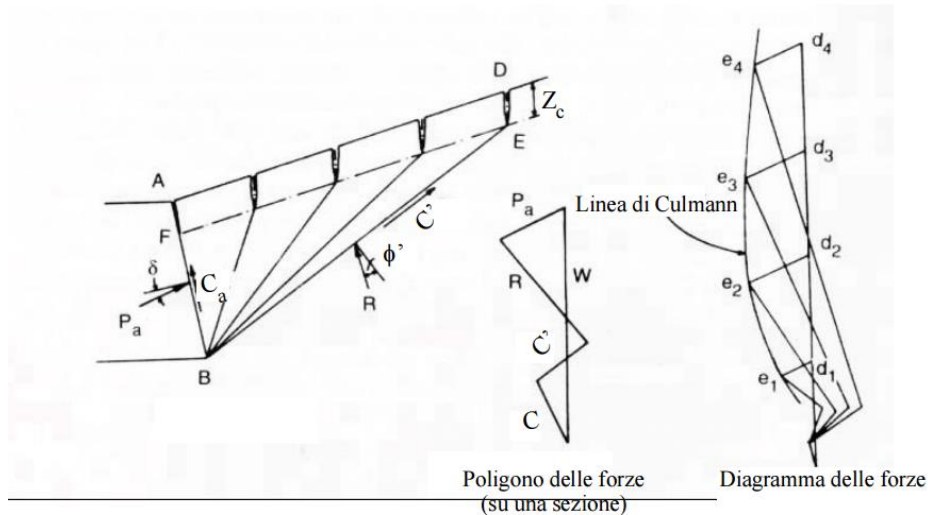
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 20 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



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 cuneo 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 cuneo 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 cuneo 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.

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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 21 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

Si 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:

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

$$c' = 0$$

$$\varphi' = 35$$

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

### 9.3 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:

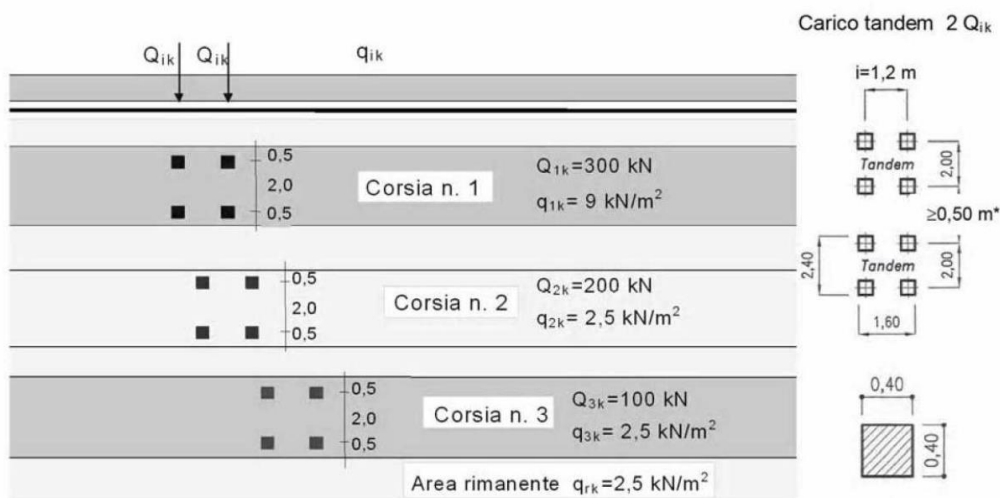


Figura 2 – Schema di carico 1

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<sub>1k</sub> 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<sub>1k</sub> 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<sub>1k</sub> e 2.5 kN/m<sup>2</sup> di q<sub>1k</sub> e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 22 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

- una terza colonna di carichi (ingombro = 3 m), analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di Q1k e 2.5 kN/m<sup>2</sup> di q1k e posta ad interasse di 3.00 m. da essa;
- un carico uniforme qrk = 2.5 kN/m<sup>2</sup> nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

Ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati Q1k, 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.

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:

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

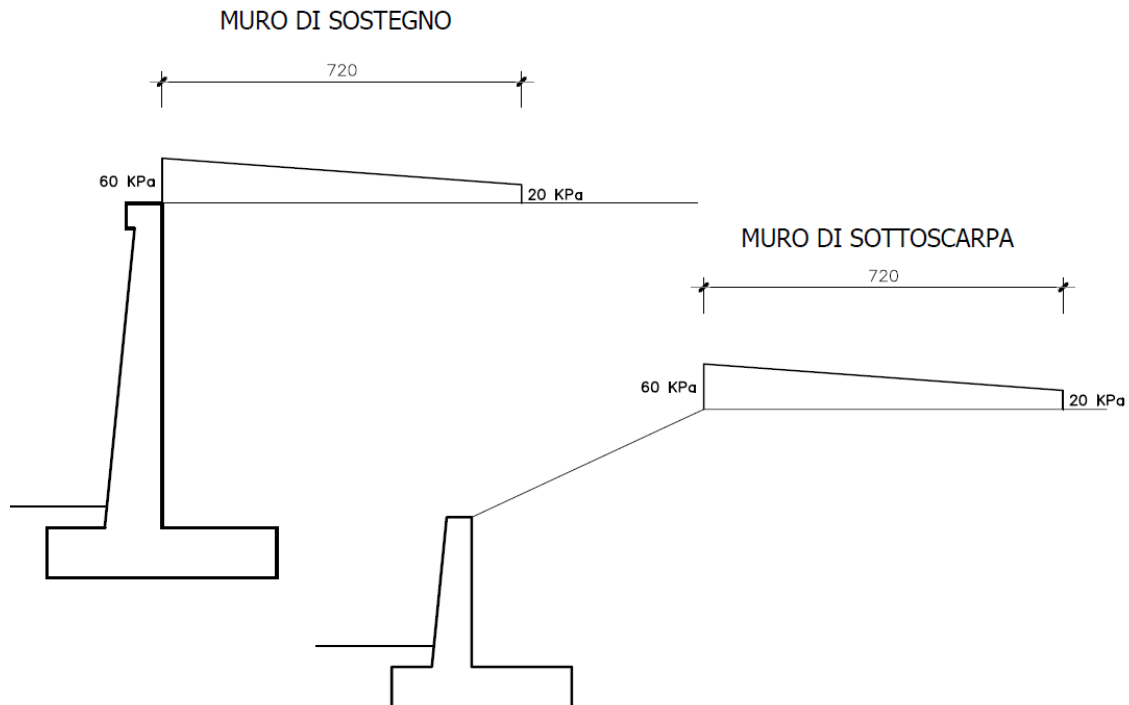
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 23 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Schemi Carico Azioni da traffico Veicolare

## 9.4 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 7.1.1.3.5.2 - "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.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 24 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

**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:  
 $a_g/g = 0.206$ ;  
 $a_{max}/g = 0.285$   
 $\beta_m = 0.31$ ;  
 $K_h = 0.089$
- Per i muri su pali:  
 $a_g/g = 0.206$ ;  
 $a_{max}/g = 0.285$   
 $\beta_m = 1$ ;  
 $K_h = 0.285$



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 25 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### 9.4.1 Forze d'inerzia

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

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

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

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

### 9.4.2 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.

### 9.4.3 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

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 26 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## 10. 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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 27 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 28 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## 11. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

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

### 11.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 2

#### 11.1.1 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 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 involuppi delle sollecitazioni nel muro, sulla fondazione e nei pali.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

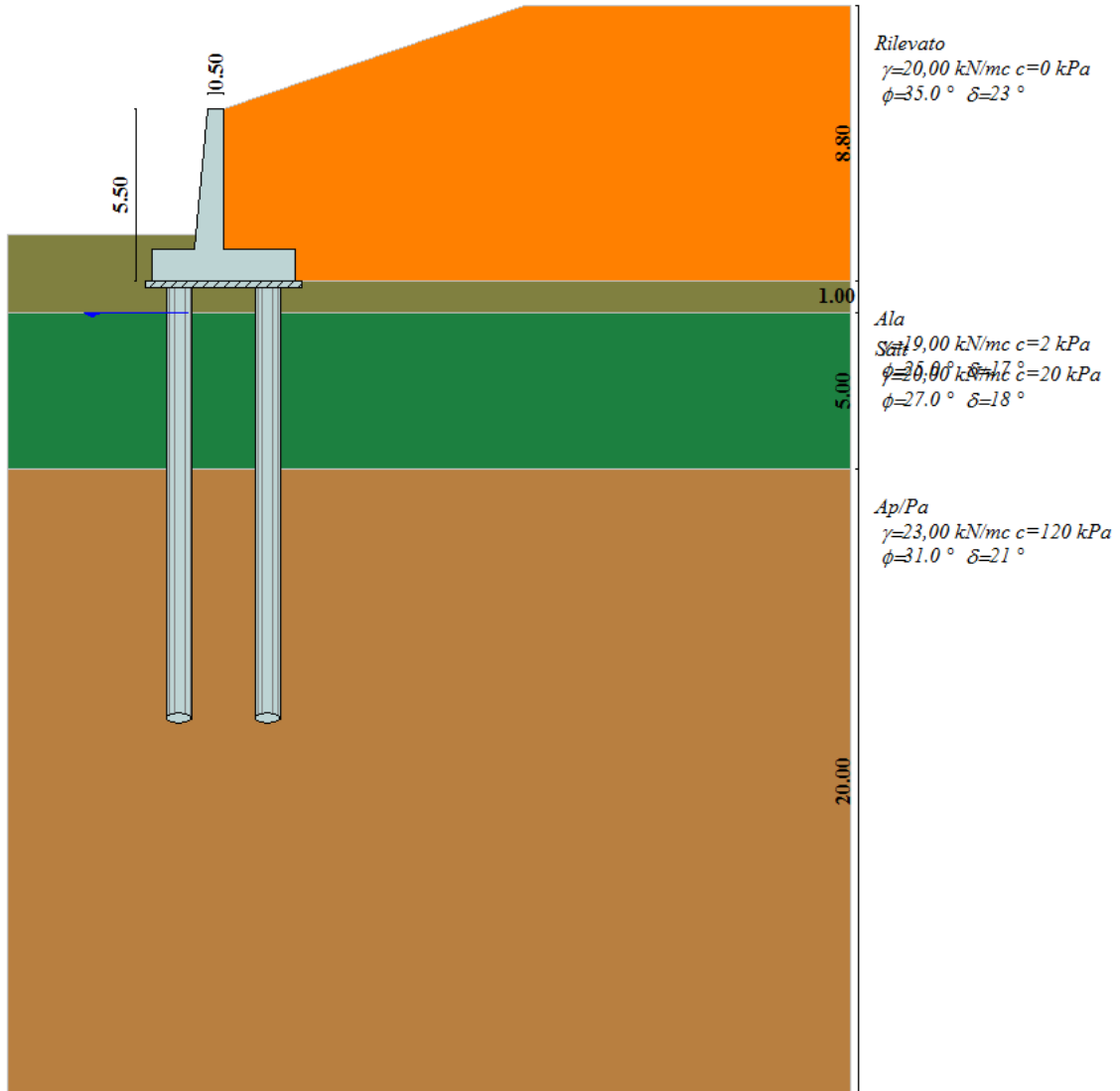
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 29 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Modello di calcolo muro su PALLI



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

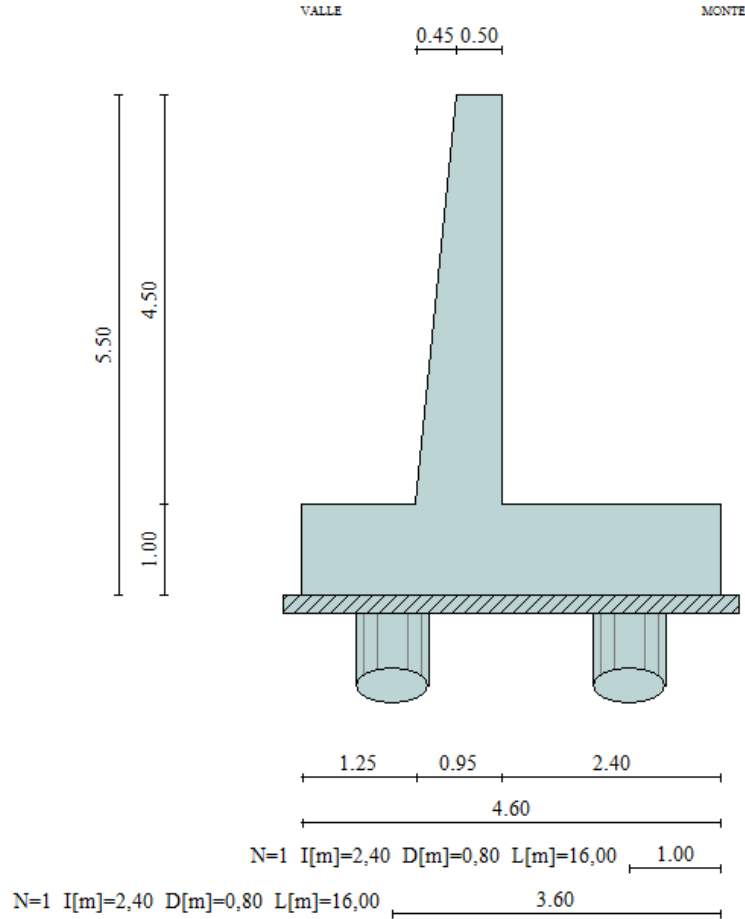
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 30 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Geometria muro

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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

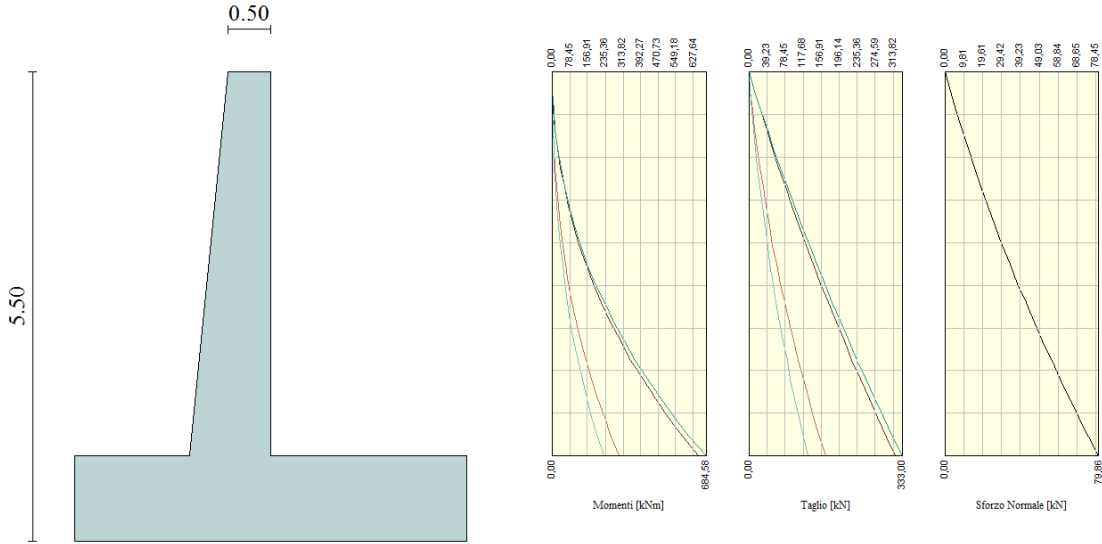
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 31 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Inviluppo sollecitazioni sul muro

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 32 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### 11.1.2 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
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



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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>	sfuerzo 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	0,001272	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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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

### 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	--	--

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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	--	--

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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

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

### 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:

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

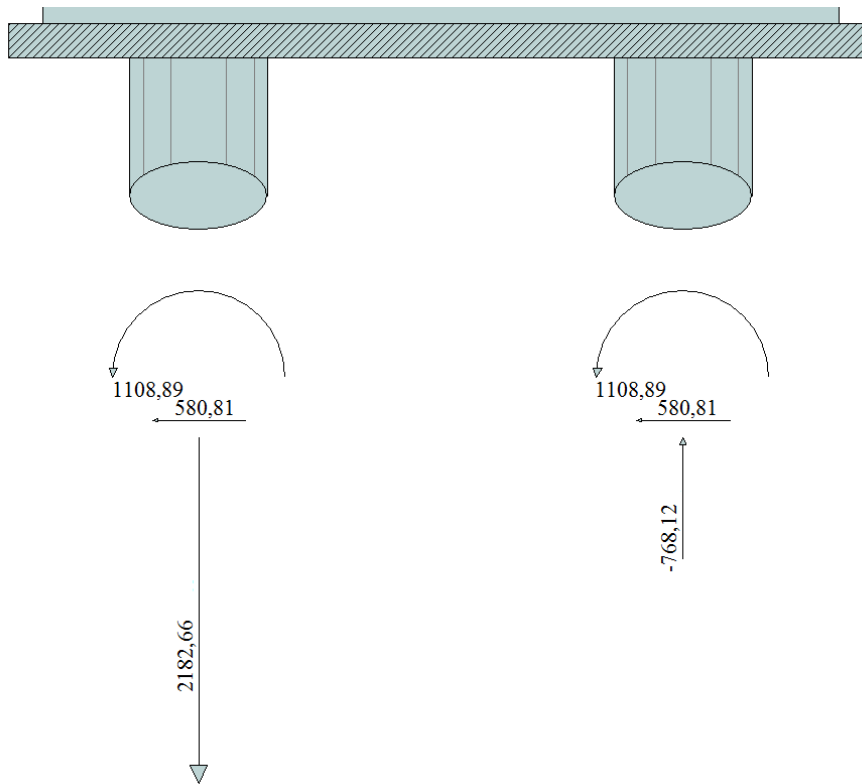
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 37 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Sollecitazioni massime testa palo – SLU

Verifica a pressoflessione - SLU		
$M_{Ed,Max}$	$M_{Rd}$	c.s. Flessione
[kNm]	[kNm]	[-]
1109	1142	1.03

Verifica a taglio - SLU		
$V_{Ed,Max}$	$V_{Rd}$	c.s. Taglio
[kNm]	[kNm]	[-]
580	670	1.16

Verifica tensionale - SLE		
Combo Rara		
$M_{Ed,Max}$	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{s,MIN}$
[kNm]	[MPa]	[MPa]
423	8.3	-160

Verifica a fessurazione - SLE			
Combo QP		Combo F	
$M_{Ed,Max}$	w	$M_{Ed,Max}$	w
[kNm]	[mm]	[kNm]	[mm]
390	0.17	412	0.19

### 11.1.3 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 nella "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" – L0703212E02GE0001REL01, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$N_{Ed,Max} = 2183$  kN;  $N_{Ed,Min} = -768$  kN.

In definitiva si è assunto **Lpali = 14.00m**.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 38 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## 11.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI DI TIPO 3

### 11.2.1 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.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

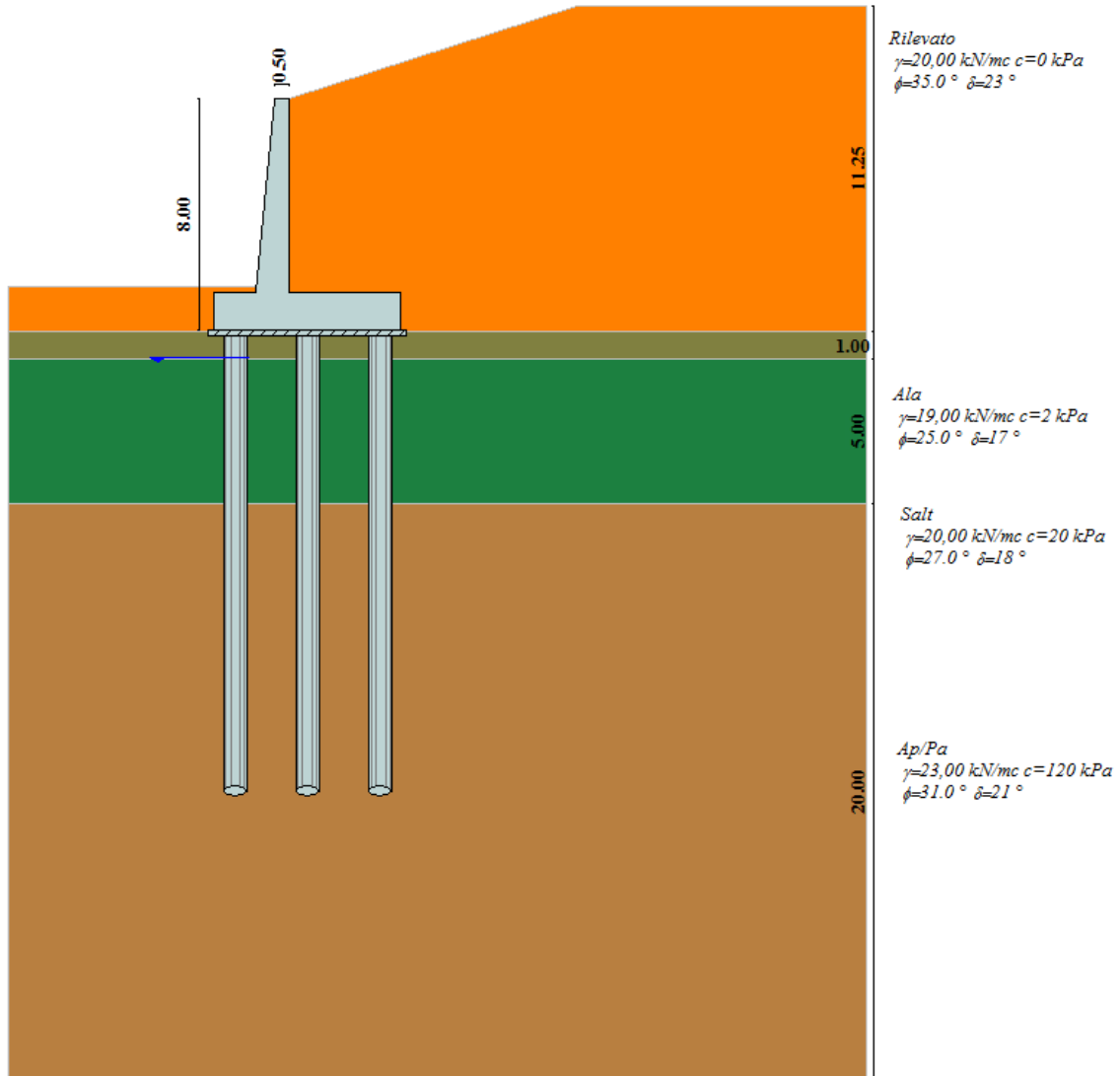
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 39 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Modello di calcolo muro su PALI

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

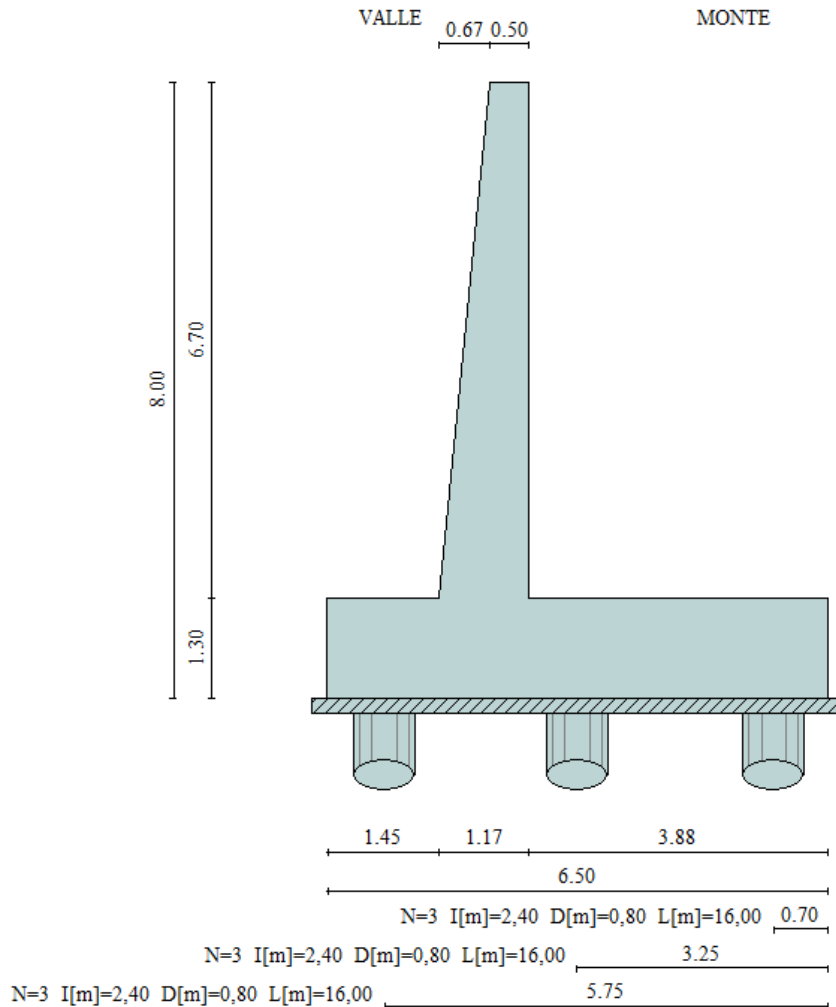
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 40 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



### Geometria muro

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--	525,9550	0,0000
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--	572,6828	0,0000
3	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	404,5808	370,6847
4	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	--	404,5808	300,8505
5	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	--	404,5808	370,6847
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--	404,5808	0,0000
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--	426,5732	0,0000
8	SLER - [1]	--	--	--	--	--	435,0920	0,0000

### Azioni risultanti sul muro



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

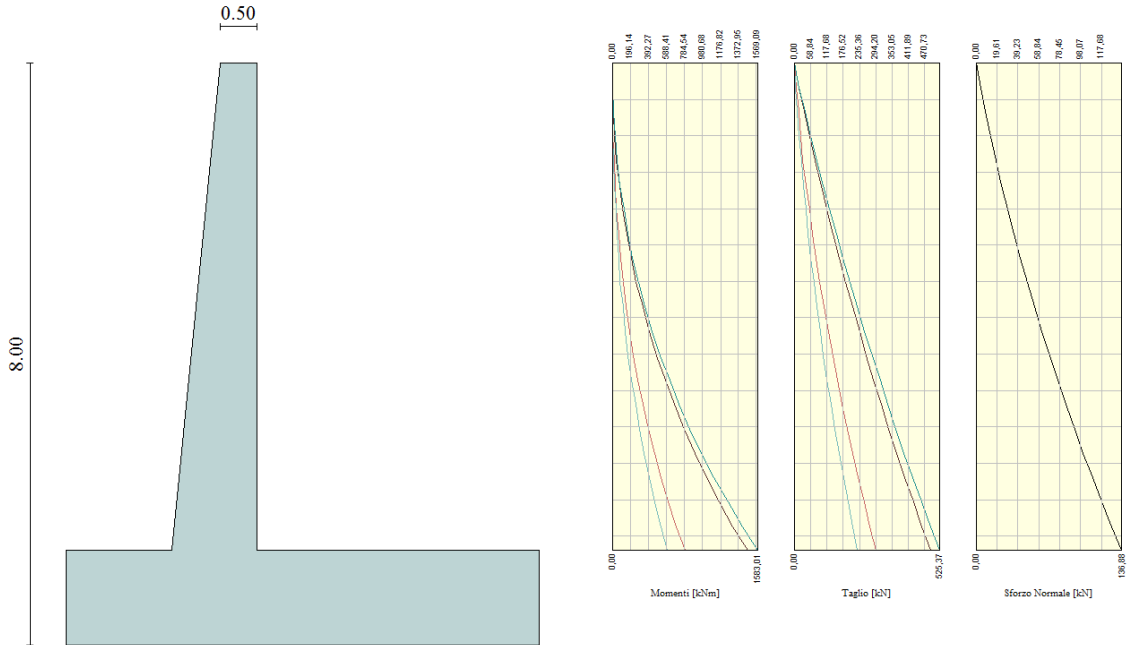
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



Inviluppo sollecitazioni sul muro

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 42 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### 11.2.2 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	1 $\phi$ 24/10	1 $\phi$ 22/20	FONDAZIONE	1 $\phi$ 24/10	1 $\phi$ 24/10+1 $\phi$ 24/20

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'involuppo delle sollecitazioni nel paramento e nella fondazione ed i risultati delle verifiche strutturali.

#### Involuppo Sollecitazioni paramento

##### Involuppo 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	0,34	4,2435	4,2435	1,1057	3,2226	6,9519	19,5688
3	0,67	8,7606	8,7606	4,6080	13,0471	14,7464	39,8530
4	1,01	13,5515	13,5515	10,7830	29,7074	23,3720	60,8436
5	1,34	18,6162	18,6162	19,9035	53,4348	32,8262	82,5388
6	1,68	23,9545	23,9545	32,2427	84,4607	43,1088	104,9384
7	2,01	29,5666	29,5666	48,0734	123,0166	54,2199	128,0425
8	2,35	35,4524	35,4524	67,6686	169,3339	66,1594	151,8511
9	2,68	41,6119	41,6119	91,3011	223,6439	78,9274	176,3641
10	3,02	48,0451	48,0451	119,2440	286,1780	92,5239	201,5816
11	3,35	54,7521	54,7521	151,7701	357,1677	106,9489	227,5036
12	3,69	61,7328	61,7328	189,1524	436,8442	122,2023	254,1300
13	4,02	68,9872	68,9872	231,6638	525,4391	138,2842	281,4609
14	4,36	76,5153	76,5153	279,5772	623,1836	155,1946	309,4962
15	4,69	84,3171	84,3171	333,1657	730,3092	172,9334	338,2360
16	5,03	92,3927	92,3927	392,7020	847,0472	191,5007	367,6803
17	5,36	100,7420	100,7420	458,4591	973,6291	210,8965	397,8290
18	5,70	109,3650	109,3650	530,7100	1110,2863	231,1207	428,6823
19	6,03	118,2617	118,2617	609,7276	1257,2501	252,1734	460,2399
20	6,37	127,4322	127,4322	695,7849	1414,7519	274,0546	492,5021
21	6,70	136,8764	136,8764	789,1428	1583,0139	296,6317	525,3667

##### Involuppo 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	0,34	4,2435	4,2435	0,8424	0,8424	5,3476	5,3476
3	0,67	8,7606	8,7606	3,5114	3,5114	11,3434	11,3434
4	1,01	13,5515	13,5515	8,2183	8,2183	17,9785	17,9785
5	1,34	18,6162	18,6162	15,1719	15,1719	25,2509	25,2509
6	1,68	23,9545	23,9545	24,5812	24,5812	33,1606	33,1606
7	2,01	29,5666	29,5666	36,6551	36,6551	41,7076	41,7076

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 43 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

8	2,35	35,4524	35,4524	51,6025	51,6025	50,8919	50,8919
9	2,68	41,6119	41,6119	69,6322	69,6322	60,7134	60,7134
10	3,02	48,0451	48,0451	90,9532	90,9532	71,1723	71,1723
11	3,35	54,7521	54,7521	115,7742	115,7742	82,2684	82,2684
12	3,69	61,7328	61,7328	144,3043	144,3043	94,0018	94,0018
13	4,02	68,9872	68,9872	176,7522	176,7522	106,3725	106,3725
14	4,36	76,5153	76,5153	213,3269	213,3269	119,3804	119,3804
15	4,69	84,3171	84,3171	254,2373	254,2373	133,0257	133,0257
16	5,03	92,3927	92,3927	299,6922	299,6922	147,3082	147,3082
17	5,36	100,7420	100,7420	349,9004	349,9004	162,2280	162,2280
18	5,70	109,3650	109,3650	405,0710	405,0710	177,7852	177,7852
19	6,03	118,2617	118,2617	465,4128	465,4128	193,9795	193,9795
20	6,37	127,4322	127,4322	531,1346	531,1346	210,8112	210,8112
21	6,70	136,8764	136,8764	602,4363	602,4363	228,1782	228,1782

### 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>
3	0,67	1,00, 0,57	0,004524	0,001901	651,05	-969,61	74,32	286,86	--	--
4	1,01	1,00, 0,60	0,004524	0,001901	457,00	-1001,83	33,72	296,06	--	--
5	1,34	1,00, 0,63	0,004524	0,001901	365,32	-1048,60	19,62	305,10	--	--
6	1,68	1,00, 0,67	0,004524	0,001901	312,23	-1100,88	13,03	314,00	--	--
7	2,01	1,00, 0,70	0,004524	0,001901	277,80	-1155,84	9,40	322,78	--	--
8	2,35	1,00, 0,73	0,004524	0,001901	253,81	-1212,31	7,16	331,44	--	--
9	2,68	1,00, 0,77	0,004524	0,001901	236,25	-1269,72	5,68	339,99	--	--
10	3,02	1,00, 0,80	0,004524	0,001901	222,91	-1327,76	4,64	348,45	--	--
11	3,35	1,00, 0,83	0,004524	0,001901	212,50	-1386,23	3,88	356,82	--	--
12	3,69	1,00, 0,87	0,004524	0,001901	204,20	-1445,02	3,31	365,12	--	--
13	4,02	1,00, 0,90	0,004524	0,001901	197,48	-1504,07	2,86	373,34	--	--
14	4,36	1,00, 0,93	0,004524	0,001901	191,94	-1563,31	2,51	381,50	--	--
15	4,69	1,00, 0,97	0,004524	0,001901	187,35	-1622,70	2,22	389,60	--	--
16	5,03	1,00, 1,00	0,004524	0,001901	183,49	-1682,22	1,99	397,64	--	--
17	5,36	1,00, 1,03	0,004524	0,001901	180,23	-1741,84	1,79	405,63	--	--
18	5,70	1,00, 1,07	0,004524	0,001901	177,45	-1801,54	1,62	413,58	--	--
20	6,37	1,00, 1,14	0,004524	0,001901	173,05	-1921,18	1,36	429,36	--	--
21	6,70	1,00, 1,17	0,004524	0,001901	171,30	-1981,10	1,25	437,19	--	--

#### 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>
3	0,67	1,00, 0,57	0,004524	0,001901	76	25	913	-978
4	1,01	1,00, 0,60	0,004524	0,001901	154	38	2443	-1964
5	1,34	1,00, 0,63	0,004524	0,001901	252	50	4652	-3213
6	1,68	1,00, 0,67	0,004524	0,001901	368	62	7503	-4694

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 44 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

7	2,01	1,00, 0,70	0,004524	0,001901	500	74	10968	-6381
8	2,35	1,00, 0,73	0,004524	0,001901	645	86	15023	-8254
9	2,68	1,00, 0,77	0,004524	0,001901	803	98	19649	-10297
10	3,02	1,00, 0,80	0,004524	0,001901	971	110	24830	-12497
11	3,35	1,00, 0,83	0,004524	0,001901	1150	122	30554	-14840
12	3,69	1,00, 0,87	0,004524	0,001901	1338	134	36810	-17318
13	4,02	1,00, 0,90	0,004524	0,001901	1534	145	43588	-19921
14	4,36	1,00, 0,93	0,004524	0,001901	1739	157	50881	-22644
15	4,69	1,00, 0,97	0,004524	0,001901	1951	169	58681	-25479
16	5,03	1,00, 1,00	0,004524	0,001901	2171	180	66984	-28421
17	5,36	1,00, 1,03	0,004524	0,001901	2397	192	75783	-31465
18	5,70	1,00, 1,07	0,004524	0,001901	2630	203	85074	-34607
20	6,37	1,00, 1,14	0,004524	0,001901	3114	226	105118	-41169
21	6,70	1,00, 1,17	0,004524	0,001901	3365	238	115863	-44581

### 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	1,61	367,73	--	--
2	0,17	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	0,00	-1073,57	0,06	367,73	--	--
3	0,35	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	41,17	505,97	--	--
4	0,55	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	19,37	505,97	--	--
5	0,75	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	10,79	505,97	--	--
6	0,95	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	6,92	505,97	--	--
7	1,15	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	4,48	505,97	--	--
8	1,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	2157,11	1,95	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	997	8	0	6225
10	0,17	1,00, 1,30	0,002262	0,000000	22417	28	0	139954
11	0,35	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	85	66	4345	2872
12	0,55	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	180	107	9171	4009
13	0,75	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	322	247	16432	-4157
14	0,95	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	501	377	25573	-6470
15	1,15	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	777	502	39650	-10032
16	1,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1812	494	92407	-23380

#### 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>
2	0,30	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	147,05	367,73	--	--
3	0,50	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	55,24	505,97	--	--
4	0,70	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	28,17	505,97	--	--
5	0,90	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	16,92	505,97	--	--
6	1,10	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	11,32	505,97	--	--
7	1,32	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	7,84	505,97	--	--
8	1,54	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	5,81	505,97	--	--
9	1,76	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	4,58	367,73	--	--
10	1,98	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	3,74	367,73	--	--
11	2,19	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	3,13	505,97	--	--
12	2,41	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	2,67	505,97	--	--

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 45 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

13	2,63	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	2,31	505,97	--	--
14	2,85	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	2,01	505,97	--	--
15	3,05	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,79	505,97	--	--
16	3,25	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,64	505,97	--	--
17	3,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,53	505,97	--	--
18	3,65	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,44	505,97	--	--
19	3,88	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	0,00	-3202,97	1,31	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	3570	0	0	22288
21	0,30	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	40	0	-530	1433
22	0,50	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	98	0	-1314	3551
23	0,70	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	141	0	-1882	5086
24	0,90	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	176	0	-2355	6364
25	1,10	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	194	1	-2597	7019
26	1,32	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	250	0	-3350	9051
27	1,54	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	341	0	-4565	12335
28	1,76	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	458	0	-6133	16573
29	1,98	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	605	0	-8094	21873
30	2,19	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	781	0	-10449	28235
31	2,41	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	983	0	-13151	35538
32	2,63	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1207	0	-16148	43636
33	2,85	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1520	0	-20331	54939
34	3,05	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	1803	0	-24112	65157
35	3,25	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2003	0	-26790	72391
36	3,45	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2130	0	-28492	76991
37	3,65	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2279	59	-30486	82380
38	3,88	1,00, 1,30	0,006786	0,004524	2700	57	-36119	97600

### 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	0,34	0,004524	0,001901	-90,43	-0,84	0,0000	0,00	0,000
3	0,67	0,004524	0,001901	-101,00	-3,51	0,0000	0,00	0,000
4	1,01	0,004524	0,001901	-112,09	-8,22	0,0000	0,00	0,000
5	1,34	0,004524	0,001901	-123,72	-15,17	0,0000	0,00	0,000
6	1,68	0,004524	0,001901	-135,86	-24,58	0,0000	0,00	0,000
7	2,01	0,004524	0,001901	-148,54	-36,66	0,0000	0,00	0,000
8	2,35	0,004524	0,001901	-161,75	-51,60	0,0000	0,00	0,000
9	2,68	0,004524	0,001901	-175,48	-69,63	0,0000	0,00	0,000
10	3,02	0,004524	0,001901	-189,74	-90,95	0,0000	0,00	0,000
11	3,35	0,004524	0,001901	-204,52	-115,77	0,0000	0,00	0,000
12	3,69	0,004524	0,001901	-219,83	-144,30	0,0000	0,00	0,000
13	4,02	0,004524	0,001901	-235,67	-176,75	0,0000	0,00	0,000
14	4,36	0,004524	0,001901	-252,04	-213,33	0,0000	0,00	0,000
15	4,69	0,004524	0,001901	-268,93	-254,24	0,0000	0,00	0,000
16	5,03	0,004524	0,001901	-286,35	-299,69	0,0195	97,64	0,032
17	5,36	0,004524	0,001901	-304,29	-349,90	0,0221	97,64	0,037
18	5,70	0,004524	0,001901	-322,76	-405,07	0,0256	97,64	0,042
20	6,37	0,004524	0,001901	-361,28	-531,13	0,0370	97,64	0,061
21	6,70	0,004524	0,001901	-381,33	-602,44	0,0430	97,64	0,071

### 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	-2,62	0,002262	0,000000	-428,11	-0,50	0,0000	0,00	0,000
2	-2,44	0,002262	0,000000	404,93	9,40	0,0000	0,00	0,000
3	-2,27	0,006786	0,004524	480,94	22,60	0,0000	0,00	0,000
4	-2,07	0,006786	0,004524	480,94	47,69	0,0000	0,00	0,000
5	-1,87	0,006786	0,004524	480,94	85,44	0,0000	0,00	0,000

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 46 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

6	-1,67	0,006786	0,004524	480,94	132,96	0,0000	0,00	0,000
7	-1,47	0,006786	0,004524	480,94	206,19	0,0000	0,00	0,000
8	-1,17	0,006786	0,004524	480,94	480,96	0,0261	97,64	0,043
9	0,00	0,006786	0,004524	-504,74	-744,32	0,0358	81,68	0,050
10	0,23	0,006786	0,004524	-504,74	-626,01	0,0265	81,68	0,037
11	0,43	0,006786	0,004524	-504,74	-584,07	0,0231	81,68	0,032
12	0,63	0,006786	0,004524	-504,74	-548,88	0,0204	81,68	0,028
13	0,83	0,006786	0,004524	-504,74	-493,31	0,0000	0,00	0,000
14	1,03	0,006786	0,004524	-504,74	-414,63	0,0000	0,00	0,000
15	1,25	0,006786	0,004524	-504,74	-327,72	0,0000	0,00	0,000
16	1,47	0,006786	0,004524	-504,74	-265,83	0,0000	0,00	0,000
17	1,69	0,006786	0,004524	-504,74	-210,20	0,0000	0,00	0,000
18	1,91	0,006786	0,004524	-504,74	-161,98	0,0000	0,00	0,000
19	2,12	0,006786	0,004524	-504,74	-122,11	0,0000	0,00	0,000
20	2,34	0,006786	0,004524	-504,74	-90,55	0,0000	0,00	0,000
21	2,56	0,006786	0,004524	-504,74	-66,42	0,0000	0,00	0,000
22	2,78	0,006786	0,004524	-504,74	-52,25	0,0000	0,00	0,000
23	2,98	0,006786	0,004524	-504,74	-48,71	0,0000	0,00	0,000
24	3,18	0,006786	0,004524	-504,74	-39,67	0,0000	0,00	0,000
25	3,38	0,006786	0,004524	-504,74	-27,89	0,0000	0,00	0,000
26	3,58	0,006786	0,004524	-504,74	-11,25	0,0000	0,00	0,000
27	3,88	0,002262	0,000000	404,93	1,54	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	525	100	115	645	verificato	Spilli $\Phi 14/40 \times 40$
Fondazione	1510	100	130	1640	verificato	$\Phi 20/20$

### 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:

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

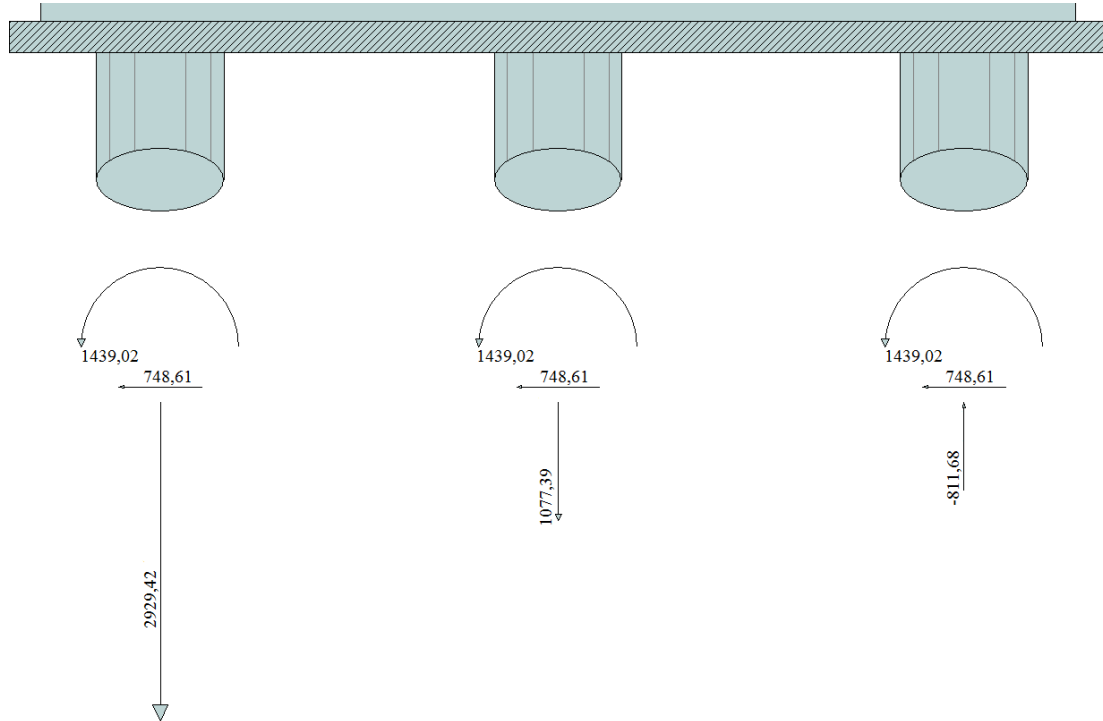
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 47 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------



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]	[-]
1439	1470	1.02	748	1097	1.47

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]
632	10.3	-215	570	0.195	576	0.224

### 11.2.3 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 nella "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" – L0703212E02GE0001REL01, con riferimento ai pali di diametro D800 si è ottenuto

$N_{Ed,Max} = 2929$  kN;  $N_{Ed,Min} = -811$  kN

In definitiva si è assunto per il muro **Lpali = 16.00m**.



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 48 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

# ALLEGATO 1

## TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 2



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

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

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 50 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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 cuneo 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  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo 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 cuneo 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 ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

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

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

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) * \left(k_h / (1 \pm k_v)\right)\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 51 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 52 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra 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 viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\phi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

$Q_T$  portanza totale del palo

$Q_P$  portanza di base del palo

$Q_L$  portanza per attrito laterale del palo

$W_P$  peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

#### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_p(cN'_c + qN'_q + 1/2B\gamma N'_\gamma)$$

dove  $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $D$  è il diametro del palo ed i coefficienti  $N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro  $\eta$  che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come:  $K_0 = 1 - \sin\phi$ .

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 53 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo,  $L$  e  $P$  sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo,  $K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

### Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica  $K$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite,  $X_{\max}$  oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

### Determinazione degli scarichi sul palo.

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 (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) 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.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 54 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Normativa

#### N.T.C. 2008 - Approccio 2

##### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniaxiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniaxiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### FONDAZIONE SUPERFICIALE

##### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

###### Verifica

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

###### Coefficienti parziali

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 55 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali

#### Pali trivellati

		R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1,00	1,70	1,35
Laterale compressione	$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15
Totale compressione	$\gamma_t$	1,00	1,60	1,30
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
	$\gamma_T$	1,00	1,60	1,30

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate	3	$\xi_3=1,60$	$\xi_4=1,48$
------------------------------	---	--------------	--------------

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 56 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Geometria muro e fondazione

#### Descrizione

Altezza del paramento	4,50 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,95 [m]
Inclinazione paramento esterno	5,70 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	7,20 [m]

#### Muro a mensola in c.a.

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,35 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2,30 [m]
Lunghezza totale fondazione	4,60 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,00 [m]
Spessore magrone	0,20 [m]





## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 57 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Descrizione pali di fondazione

Pali in c.a.	
Numero di file di pali	2
Vincolo pali/fondazione	Incastro
Tipo di portanza	Portanza di punta

#### Simbologia adottata

N	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
nr.	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [m]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
alfa	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

N	X	Nr.	D	L	alfa	ALL
1	0,90	3	0,8000	14,00	0,00	Centrati
2	3,70	3	0,8000	14,00	0,00	Centrati

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 58 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Materiali utilizzati per la struttura

#### Calcestruzzo

Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	30000 [kPa]
Modulo elastico E	31447048 [kPa]

#### Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	449936 [kPa]

#### Calcestruzzo utilizzato per i pali

Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	40000 [kPa]
Modulo elastico E	33642648 [kPa]

#### Acciaio utilizzato per i pali

Tipo	B450C
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	449936 [kPa]
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	449936 [kPa]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	9,62	3,30	18,93
2	20,00	3,30	0,00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,50	[m]

### Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	-1,00	[m]
---	-------	-----

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr.	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$		Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$		Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$		Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$		Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 59 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

c Coesione espressa in [kPa]

c<sub>a</sub> Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Rilevato	20,00	20,00	35.00	23.33	0,0	0,0
Ala	19,00	20,00	25.00	16.67	2,0	0,0
Salt	20,00	20,00	27.00	18.00	20,0	0,0
Ap/Pa	23,00	23,00	31.00	20.67	120,0	0,0

### Parametri medi

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Rilevato	20,00	20,00	35.00	23.33	0,0	0,0
Ala	19,00	20,00	25.00	16.67	2,0	0,0
Salt	20,00	20,00	27.00	18.00	20,0	0,0
Ap/Pa	23,00	23,00	31.00	20.67	120,0	0,0

### Parametri minimi

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Rilevato	20,00	20,00	30.00	20.00	0,0	0,0
Ala	19,00	20,00	25.00	16.67	2,0	0,0
Salt	20,00	20,00	27.00	18.00	20,0	0,0
Ap/Pa	23,00	23,00	31.00	20.67	120,0	0,0



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 60 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Condizioni di carico

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
$M$	Momento espresso in [kNm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_i$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
$D/C$	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

#### Condizione n° 1 (SOVRACCARICO STRADALE)

D	Profilo	$X_i=9,65$	$X_f=17,45$	$Q_i=60,0000$	$Q_f=20,0000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 61 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Descrizione combinazioni di carico

#### 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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 62 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Impostazioni analisi pali

<u>Numero elementi palo</u>	40
<u>Tipo carico palo</u>	Distribuito
<u>Calcolo della portanza</u>	metodo di Vesic
<u>Costante di Winkler</u>	da Strato

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Spostamento limite pari a 0,0150 m

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

Andamento pressione verticale

Geostatica

### Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

***Impostazioni verifiche SLU***

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

***Impostazioni verifiche SLE***

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

***Impostazioni avanzate***

Terreno a monte a elevata permeabilità

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLIM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLIM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--
3	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
4	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
5	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--
8	SLER - [1]	--	--	--	--	--

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 64 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

#### Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta a riposo

#### Sisma

##### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo  $a_g$

2.06 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.19

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 24.51$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 12.25$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

7,20 [m]

Peso muro

192,6981 [kN]

Baricentro del muro

X=-0,15 Y=-3,96

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 2,30 Y = -5,50

Punto superiore superficie di spinta

X = 2,30 Y = 0,79

Altezza della superficie di spinta

6,29 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

0,00 [°]

#### COMBINAZIONE n° 1

##### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica

255,5081 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

234,6117 [kN]

Componente verticale della spinta statica

101,2016 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 2,30 [m] Y = -3,02 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

23,33 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

54,19 [°]

Punto d'applicazione della spinta della falda

X = 2,30 [m] Y = -5,50 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte

225,1466 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

X = 1,18 [m] Y = -2,05 [m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale

234,6117 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale

519,0462 [kN]





## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800	REL	01	A	65 di 135

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	519,0462	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	234,6117	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Risultante in fondazione	569,6066	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,32	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	113,1162	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 66 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	0,3414	3,2405
3	0,45	5,7633	1,4236	6,8727
4	0,68	8,8301	3,3325	10,8887
5	0,90	12,0205	6,1527	15,2866
6	1,13	15,3343	9,9688	20,0664
7	1,35	18,7716	14,8652	25,2281
8	1,57	22,3323	20,9265	30,7717
9	1,80	26,0166	28,2372	36,6971
10	2,02	29,8243	36,8818	43,0045
11	2,25	33,7555	46,9450	49,6937
12	2,48	37,8101	58,5112	56,7649
13	2,70	41,9883	71,6649	64,2179
14	2,93	46,2899	86,4907	72,0529
15	3,15	50,7150	103,0731	80,2697
16	3,38	55,2636	121,4966	88,8684
17	3,60	59,9356	141,8458	97,8490
18	3,83	64,7312	164,2052	107,2116
19	4,05	69,6502	188,6593	116,9560
20	4,28	74,6927	215,2927	127,0823
21	4,50	79,8586	244,1862	137,5293

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 67 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 1

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,2063	0,2311	-4,9898	8,8450
2	0,17	-2,4889	3,8771	-40,5877	28,5527
3	0,33	-4,4736	8,2933	-95,0260	57,4275
4	0,50	-21,5309	17,7612	-123,3435	85,5328
5	0,63	-30,9424	28,6899	0,0000	119,8643
6	0,77	-20,4518	42,2942	0,0000	191,6835
7	0,90	0,0000	57,1261	0,0000	351,6258
8	1,03	0,0000	76,8635	0,0000	513,0102
9	1,17	0,0000	131,9058	0,0000	704,9084
10	1,30	0,0000	256,2767	-48,0632	984,0450
11	1,35	0,0000	318,3585	-48,9443	982,8268
12	2,30	-344,6657	0,0000	-315,4168	0,0000
13	2,44	-300,5225	0,0000	-295,2445	0,0000
14	2,58	-260,7866	0,0000	-266,2548	0,0000
15	2,73	-224,6552	0,0000	-241,6284	0,0000
16	2,87	-191,7838	0,0000	-220,5175	0,0000
17	3,01	-161,9176	0,0000	-201,7915	0,0000
18	3,16	-135,2046	0,0000	-183,6386	0,0000
19	3,30	-113,4231	0,0000	-165,8026	0,0000
20	3,43	-95,6548	0,0000	-149,8284	0,0000
21	3,57	-78,4819	0,0000	-133,9739	0,0000
22	3,70	-62,4066	0,0000	-120,8788	0,0000
23	3,83	-47,5656	0,0000	-113,6247	0,0000
24	3,97	-33,8716	0,0000	-106,7463	0,0000
25	4,10	-20,8920	0,0000	-101,3034	0,0000
26	4,27	-9,0903	0,0000	-66,0555	0,0000
27	4,43	-2,5344	0,0000	-32,6648	0,0000
28	4,60	0,0000	0,3856	-5,0061	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,8296	2,3100	-10,5373	159,6984
2	0,40	-2,0682	13,2613	-123,0306	247,7248
3	0,80	-27,4696	8,6132	-230,9075	246,9365
4	1,20	-51,6949	1,0789	-179,3556	175,2375
5	1,60	-23,4167	9,3543	-263,3437	252,5157
6	1,92	-2,1899	22,4145	-264,2229	158,1479
7	2,24	0,0000	30,4853	-98,0375	56,8624
8	2,56	0,0000	30,5293	-55,5724	95,0030
9	2,88	-2,1827	22,4051	-156,5941	260,8103
10	3,20	-23,1102	9,3262	-236,5458	259,9326
11	3,60	-50,2189	1,0758	-175,8887	175,8887
12	4,00	-23,1102	9,3262	-259,9326	236,5458
13	4,32	-2,1827	22,4051	-260,8103	156,5941
14	4,64	0,0000	30,5293	-95,0030	55,5724
15	4,96	0,0000	30,4853	-56,8624	98,0375
16	5,28	-2,1899	22,4145	-158,1479	264,2229

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800	REL	01	A	68 di 135

17	5,60	-23,4167	9,3543	-252,5157	263,3437
18	6,00	-51,6949	1,0789	-175,2375	179,3556
19	6,40	-27,4696	8,6132	-246,9365	230,9075
20	6,80	-2,0682	13,2613	-247,7248	123,0306
21	7,20	-0,8296	2,3100	-159,6984	10,5373

### COMBINAZIONE n° 2

#### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	255,5081	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	234,6117	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	101,2016	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	234,6117	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	519,0462	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	519,0462	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	234,6117	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Risultante in fondazione	569,6066	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,32	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	113,1162	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 69 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	0,3414	3,2405
3	0,45	5,7633	1,4236	6,8727
4	0,68	8,8301	3,3325	10,8887
5	0,90	12,0205	6,1527	15,2866
6	1,13	15,3343	9,9688	20,0664
7	1,35	18,7716	14,8652	25,2281
8	1,57	22,3323	20,9265	30,7717
9	1,80	26,0166	28,2372	36,6971
10	2,02	29,8243	36,8818	43,0045
11	2,25	33,7555	46,9450	49,6937
12	2,48	37,8101	58,5112	56,7649
13	2,70	41,9883	71,6649	64,2179
14	2,93	46,2899	86,4907	72,0529
15	3,15	50,7150	103,0731	80,2697
16	3,38	55,2636	121,4966	88,8684
17	3,60	59,9356	141,8458	97,8490
18	3,83	64,7312	164,2052	107,2116
19	4,05	69,6502	188,6593	116,9560
20	4,28	74,6927	215,2927	127,0823
21	4,50	79,8586	244,1862	137,5293

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 70 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 2

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,2063	0,2311	-4,9898	8,8450
2	0,17	-2,4889	3,8771	-40,5877	28,5527
3	0,33	-4,4736	8,2933	-95,0260	57,4275
4	0,50	-21,5309	17,7612	-123,3435	85,5328
5	0,63	-30,9424	28,6899	0,0000	119,8643
6	0,77	-20,4518	42,2942	0,0000	191,6835
7	0,90	0,0000	57,1261	0,0000	351,6258
8	1,03	0,0000	76,8635	0,0000	513,0102
9	1,17	0,0000	131,9058	0,0000	704,9084
10	1,30	0,0000	256,2767	-48,0632	984,0450
11	1,35	0,0000	318,3585	-48,9443	982,8268
12	2,30	-344,6657	0,0000	-315,4168	0,0000
13	2,44	-300,5225	0,0000	-295,2445	0,0000
14	2,58	-260,7866	0,0000	-266,2548	0,0000
15	2,73	-224,6552	0,0000	-241,6284	0,0000
16	2,87	-191,7838	0,0000	-220,5175	0,0000
17	3,01	-161,9176	0,0000	-201,7915	0,0000
18	3,16	-135,2046	0,0000	-183,6386	0,0000
19	3,30	-113,4231	0,0000	-165,8026	0,0000
20	3,43	-95,6548	0,0000	-149,8284	0,0000
21	3,57	-78,4819	0,0000	-133,9739	0,0000
22	3,70	-62,4066	0,0000	-120,8788	0,0000
23	3,83	-47,5656	0,0000	-113,6247	0,0000
24	3,97	-33,8716	0,0000	-106,7463	0,0000
25	4,10	-20,8920	0,0000	-101,3034	0,0000
26	4,27	-9,0903	0,0000	-66,0555	0,0000
27	4,43	-2,5344	0,0000	-32,6648	0,0000
28	4,60	0,0000	0,3856	-5,0061	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,8296	2,3100	-10,5373	159,6984
2	0,40	-2,0682	13,2613	-123,0306	247,7248
3	0,80	-27,4696	8,6132	-230,9075	246,9365
4	1,20	-51,6949	1,0789	-179,3556	175,2375
5	1,60	-23,4167	9,3543	-263,3437	252,5157
6	1,92	-2,1899	22,4145	-264,2229	158,1479
7	2,24	0,0000	30,4853	-98,0375	56,8624
8	2,56	0,0000	30,5293	-55,5724	95,0030
9	2,88	-2,1827	22,4051	-156,5941	260,8103
10	3,20	-23,1102	9,3262	-236,5458	259,9326
11	3,60	-50,2189	1,0758	-175,8887	175,8887
12	4,00	-23,1102	9,3262	-259,9326	236,5458
13	4,32	-2,1827	22,4051	-260,8103	156,5941
14	4,64	0,0000	30,5293	-95,0030	55,5724
15	4,96	0,0000	30,4853	-56,8624	98,0375
16	5,28	-2,1899	22,4145	-158,1479	264,2229

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 71 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-23,4167	9,3543	-252,5157	263,3437		
18	6,00	-51,6949	1,0789	-175,2375	179,3556		
19	6,40	-27,4696	8,6132	-246,9365	230,9075		
20	6,80	-2,0682	13,2613	-247,7248	123,0306		
21	7,20	-0,8296	2,3100	-159,6984	10,5373		

### COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	196,5447	[kN]			
Componente orizzontale della spinta statica	180,4705	[kN]			
Componente verticale della spinta statica	77,8474	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]			
Incremento sismico della spinta	211,9216	[kN]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2,30	[m]	Y = -2,36	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	43,32	[°]			
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]	
Inerzia del muro	47,2951	[kN]			
Inerzia verticale del muro	23,6476	[kN]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	55,2592	[kN]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	27,6296	[kN]			
<b><u>Risultanti</u></b>					
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	477,6146	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	630,9070	[kN]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	630,9070	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	477,6146	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,09	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	3,64	[m]			
Risultante in fondazione	791,3024	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	37,13	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	686,3311	[kNm]			

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 72 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	1,1225	10,1731
3	0,45	5,7633	4,5388	20,6777
4	0,68	8,8301	10,3215	31,5079
5	0,90	12,0205	18,5422	42,6622
6	1,13	15,3343	29,2724	54,1405
7	1,35	18,7716	42,5836	65,9429
8	1,57	22,3323	58,5474	78,0694
9	1,80	26,0166	77,2352	90,5199
10	2,02	29,8243	98,7187	103,2945
11	2,25	33,7555	123,0692	116,3932
12	2,48	37,8101	150,3584	129,8160
13	2,70	41,9883	180,6578	143,5628
14	2,93	46,2899	214,0388	157,6337
15	3,15	50,7150	250,5730	172,0287
16	3,38	55,2636	290,3319	186,7477
17	3,60	59,9356	333,3871	201,7908
18	3,83	64,7312	379,8100	217,1580
19	4,05	69,6502	429,6721	232,8492
20	4,28	74,6927	483,0451	248,8645
21	4,50	79,8586	539,9976	265,1569



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 73 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 3

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,4465	0,3903	-8,0770	17,5357
2	0,17	-4,4887	7,6458	-73,0626	58,4986
3	0,33	-7,3689	17,0484	-173,3492	117,1025
4	0,50	-38,3389	36,6653	-216,4609	174,2845
5	0,63	-54,6066	59,1804	0,0000	243,1344
6	0,77	-32,5244	87,1877	0,0000	385,3356
7	0,90	0,0000	117,9217	0,0000	691,3505
8	1,03	0,0000	158,3866	0,0000	1001,6578
9	1,17	0,0000	266,6443	0,0000	1370,3345
10	1,30	0,0000	507,5235	-63,1700	1905,7676
11	1,35	0,0000	627,4276	-63,9456	1904,5490
12	2,30	-714,9904	0,0000	-605,2842	0,0000
13	2,44	-629,4421	0,0000	-589,0716	0,0000
14	2,58	-552,0063	0,0000	-560,1307	0,0000
15	2,73	-479,0692	0,0000	-534,8688	0,0000
16	2,87	-409,3817	0,0000	-520,0127	0,0000
17	3,01	-341,8730	0,0000	-514,7626	0,0000
18	3,16	-275,1287	0,0000	-521,4383	0,0000
19	3,30	-219,4509	0,0000	-540,0114	0,0000
20	3,43	-173,8367	0,0000	-445,4029	0,0000
21	3,57	-133,2470	0,0000	-359,1711	0,0000
22	3,70	-98,0459	0,0000	-275,1806	0,0000
23	3,83	-68,5390	0,0000	-213,6905	0,0000
24	3,97	-44,5872	0,0000	-172,8693	0,0000
25	4,10	-26,0018	0,0000	-133,4791	11,0132
26	4,27	-11,0112	0,0000	-88,1458	6,0427
27	4,43	-6,1176	1,8126	-41,7655	0,0000
28	4,60	0,0000	0,4045	-10,0469	2,1829

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-1,8707	2,5871	-95,0314	305,3986
2	0,40	-3,9399	25,1647	-235,6286	471,9850
3	0,80	-52,4379	36,2569	-467,3061	471,2277
4	1,20	-98,6085	57,6960	-342,2983	334,2651
5	1,60	-44,7063	27,5000	-502,8190	506,9382
6	1,92	-17,8119	42,7637	-503,6640	302,8774
7	2,24	-30,4308	58,1533	-186,0757	109,8928
8	2,56	-31,2674	58,2365	-107,4259	180,2735
9	2,88	-20,1888	42,7447	-299,9325	497,1398
10	3,20	-44,1245	22,7135	-473,8738	496,2966
11	3,60	-95,7990	49,4185	-335,6824	335,6824
12	4,00	-44,1245	22,7135	-496,2966	473,8738
13	4,32	-20,1888	42,7447	-497,1398	299,9325
14	4,64	-31,2674	58,2365	-180,2735	107,4259
15	4,96	-30,4308	58,1533	-109,8928	186,0757
16	5,28	-17,8119	42,7637	-302,8774	503,6640

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 74 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-44,7063	27,5000	-506,9382	502,8190
18	6,00	-98,6085	57,6960	-334,2651	342,2983
19	6,40	-52,4379	36,2569	-471,2277	467,3061
20	6,80	-3,9399	25,1647	-471,9850	235,6286
21	7,20	-1,8707	2,5871	-305,3986	95,0314

### COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica	196,5447	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	180,4705	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	77,8474	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]		
Incremento sismico della spinta	181,0184	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2,30	[m]	Y = -2,36	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	39,69	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]
Inerzia del muro	47,2951	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-23,6476	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	55,2592	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-27,6296	[kN]		
<b><u>Risultanti</u></b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	449,2388	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	516,1126	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	516,1126	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	449,2388	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,32	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,93	[m]		
Risultante in fondazione	684,2424	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	41,04	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	683,1387	[kNm]		

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 75 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	1,0616	9,6318
3	0,45	5,7633	4,2952	19,5951
4	0,68	8,8301	9,7734	29,8840
5	0,90	12,0205	17,5678	40,4970
6	1,13	15,3343	27,7500	51,4341
7	1,35	18,7716	40,3914	62,6952
8	1,57	22,3323	55,5635	74,2803
9	1,80	26,0166	73,3380	86,1896
10	2,02	29,8243	93,7862	98,4229
11	2,25	33,7555	116,9797	110,9803
12	2,48	37,8101	142,9901	123,8618
13	2,70	41,9883	171,8889	137,0673
14	2,93	46,2899	203,7475	150,5969
15	3,15	50,7150	238,6375	164,4506
16	3,38	55,2636	276,6305	178,6283
17	3,60	59,9356	317,7979	193,1301
18	3,83	64,7312	362,2113	207,9560
19	4,05	69,6502	409,9421	223,1060
20	4,28	74,6927	461,0619	238,5800
21	4,50	79,8586	515,6395	254,3311

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 76 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 4

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,4017	0,3606	-7,5052	15,9192
2	0,17	-4,1155	6,9426	-67,0055	52,9132
3	0,33	-6,8286	15,4147	-158,7360	105,9686
4	0,50	-35,2026	33,1379	-199,1397	157,7242
5	0,63	-50,1909	53,4911	0,0000	220,1345
6	0,77	-30,2717	78,8108	0,0000	349,2140
7	0,90	0,0000	106,5775	0,0000	627,9614
8	1,03	0,0000	143,1747	0,0000	910,4790
9	1,17	0,0000	241,5027	0,0000	1246,1689
10	1,30	0,0000	460,6420	-60,3539	1733,7784
11	1,35	0,0000	569,7567	-61,1436	1732,5598
12	2,30	-768,6333	0,0000	-650,2599	0,0000
13	2,44	-676,6326	0,0000	-634,0622	0,0000
14	2,58	-593,5328	0,0000	-603,3769	0,0000
15	2,73	-515,2096	0,0000	-576,9846	0,0000
16	2,87	-440,2491	0,0000	-562,5184	0,0000
17	3,01	-367,4326	0,0000	-558,9326	0,0000
18	3,16	-295,1464	0,0000	-568,9842	0,0000
19	3,30	-235,0894	0,0000	-592,4661	0,0000
20	3,43	-185,9899	0,0000	-486,8560	0,0000
21	3,57	-142,3184	0,0000	-390,7907	0,0000
22	3,70	-104,4829	0,0000	-297,2079	0,0000
23	3,83	-72,8298	0,0000	-229,8538	0,0000
24	3,97	-47,1990	0,0000	-185,6795	0,0000
25	4,10	-27,3726	0,0000	-143,1410	16,2621
26	4,27	-11,5912	0,0000	-94,4479	15,9069
27	4,43	-6,7643	2,2739	-44,5605	0,0000
28	4,60	0,0000	0,4191	-10,9745	2,3333

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-1,6764	2,3865	-107,2783	278,2336
2	0,40	-3,8913	22,9436	-214,6235	430,1378
3	0,80	-47,7790	41,1921	-422,9718	429,3773
4	1,20	-89,8546	65,6629	-311,8941	304,5915
5	1,60	-40,7337	31,2665	-458,1354	459,2779
6	1,92	-20,2837	38,9666	-458,9839	275,8768
7	2,24	-34,6626	52,9906	-169,6353	100,0053
8	2,56	-35,6122	53,0665	-97,7581	164,3492
9	2,88	-22,9816	38,9494	-273,1916	453,0404
10	3,20	-40,2033	25,8344	-429,4275	452,1936
11	3,60	-87,2940	56,2734	-305,8658	305,8658
12	4,00	-40,2033	25,8344	-452,1936	429,4275
13	4,32	-22,9816	38,9494	-453,0404	273,1916
14	4,64	-35,6122	53,0665	-164,3492	97,7581
15	4,96	-34,6626	52,9906	-100,0053	169,6353
16	5,28	-20,2837	38,9666	-275,8768	458,9839

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 77 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-40,7337	31,2665	-459,2779	458,1354
18	6,00	-89,8546	65,6629	-304,5915	311,8941
19	6,40	-47,7790	41,1921	-429,3773	422,9718
20	6,80	-3,8913	22,9436	-430,1378	214,6235
21	7,20	-1,6764	2,3865	-278,2336	107,2783

### COMBINAZIONE n° 5

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	196,5447	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	180,4705	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	77,8474	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]		
Incremento sismico della spinta	211,9216	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2,30	[m]	Y = -2,36	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	43,32	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]
Inerzia del muro	47,2951	[kN]		
Inerzia verticale del muro	23,6476	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	55,2592	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	27,6296	[kN]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	477,6146	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	630,9070	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	630,9070	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	477,6146	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,09	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	3,64	[m]		
Risultante in fondazione	791,3024	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	37,13	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	686,3311	[kNm]		

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 78 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	1,1225	10,1731
3	0,45	5,7633	4,5388	20,6777
4	0,68	8,8301	10,3215	31,5079
5	0,90	12,0205	18,5422	42,6622
6	1,13	15,3343	29,2724	54,1405
7	1,35	18,7716	42,5836	65,9429
8	1,57	22,3323	58,5474	78,0694
9	1,80	26,0166	77,2352	90,5199
10	2,02	29,8243	98,7187	103,2945
11	2,25	33,7555	123,0692	116,3932
12	2,48	37,8101	150,3584	129,8160
13	2,70	41,9883	180,6578	143,5628
14	2,93	46,2899	214,0388	157,6337
15	3,15	50,7150	250,5730	172,0287
16	3,38	55,2636	290,3319	186,7477
17	3,60	59,9356	333,3871	201,7908
18	3,83	64,7312	379,8100	217,1580
19	4,05	69,6502	429,6721	232,8492
20	4,28	74,6927	483,0451	248,8645
21	4,50	79,8586	539,9976	265,1569

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 79 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 5

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,4465	0,3903	-8,0770	17,5357
2	0,17	-4,4887	7,6458	-73,0626	58,4986
3	0,33	-7,3689	17,0484	-173,3492	117,1025
4	0,50	-38,3389	36,6653	-216,4609	174,2845
5	0,63	-54,6066	59,1804	0,0000	243,1344
6	0,77	-32,5244	87,1877	0,0000	385,3356
7	0,90	0,0000	117,9217	0,0000	691,3505
8	1,03	0,0000	158,3866	0,0000	1001,6578
9	1,17	0,0000	266,6443	0,0000	1370,3345
10	1,30	0,0000	507,5235	-63,1700	1905,7676
11	1,35	0,0000	627,4276	-63,9456	1904,5490
12	2,30	-714,9904	0,0000	-605,2842	0,0000
13	2,44	-629,4421	0,0000	-589,0716	0,0000
14	2,58	-552,0063	0,0000	-560,1307	0,0000
15	2,73	-479,0692	0,0000	-534,8688	0,0000
16	2,87	-409,3817	0,0000	-520,0127	0,0000
17	3,01	-341,8730	0,0000	-514,7626	0,0000
18	3,16	-275,1287	0,0000	-521,4383	0,0000
19	3,30	-219,4509	0,0000	-540,0114	0,0000
20	3,43	-173,8367	0,0000	-445,4029	0,0000
21	3,57	-133,2470	0,0000	-359,1711	0,0000
22	3,70	-98,0459	0,0000	-275,1806	0,0000
23	3,83	-68,5390	0,0000	-213,6905	0,0000
24	3,97	-44,5872	0,0000	-172,8693	0,0000
25	4,10	-26,0018	0,0000	-133,4791	11,0132
26	4,27	-11,0112	0,0000	-88,1458	6,0427
27	4,43	-6,1176	1,8126	-41,7655	0,0000
28	4,60	0,0000	0,4045	-10,0469	2,1829

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-1,8707	2,5871	-95,0314	305,3986
2	0,40	-3,9399	25,1647	-235,6286	471,9850
3	0,80	-52,4379	36,2569	-467,3061	471,2277
4	1,20	-98,6085	57,6960	-342,2983	334,2651
5	1,60	-44,7063	27,5000	-502,8190	506,9382
6	1,92	-17,8119	42,7637	-503,6640	302,8774
7	2,24	-30,4308	58,1533	-186,0757	109,8928
8	2,56	-31,2674	58,2365	-107,4259	180,2735
9	2,88	-20,1888	42,7447	-299,9325	497,1398
10	3,20	-44,1245	22,7135	-473,8738	496,2966
11	3,60	-95,7990	49,4185	-335,6824	335,6824
12	4,00	-44,1245	22,7135	-496,2966	473,8738
13	4,32	-20,1888	42,7447	-497,1398	299,9325
14	4,64	-31,2674	58,2365	-180,2735	107,4259
15	4,96	-30,4308	58,1533	-109,8928	186,0757
16	5,28	-17,8119	42,7637	-302,8774	503,6640

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 80 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-44,7063	27,5000	-506,9382	502,8190
18	6,00	-98,6085	57,6960	-334,2651	342,2983
19	6,40	-52,4379	36,2569	-471,2277	467,3061
20	6,80	-3,9399	25,1647	-471,9850	235,6286
21	7,20	-1,8707	2,5871	-305,3986	95,0314

### COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	196,5447	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	180,4705	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	77,8474	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	180,4705	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	495,6920	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	495,6920	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	180,4705	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Risultante in fondazione	527,5227	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,01	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	32,5838	[kNm]



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 81 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 6

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	0,2590	2,4927
3	0,45	5,7633	1,0803	5,2867
4	0,68	8,8301	2,5298	8,3759
5	0,90	12,0205	4,6721	11,7589
6	1,13	15,3343	7,5719	15,4357
7	1,35	18,7716	11,2941	19,4062
8	1,57	22,3323	15,9032	23,6705
9	1,80	26,0166	21,4639	28,2286
10	2,02	29,8243	28,0411	33,0804
11	2,25	33,7555	35,6993	38,2260
12	2,48	37,8101	44,5033	43,6653
13	2,70	41,9883	54,5178	49,3984
14	2,93	46,2899	65,8074	55,4253
15	3,15	50,7150	78,4369	61,7459
16	3,38	55,2636	92,4710	68,3603
17	3,60	59,9356	107,9744	75,2685
18	3,83	64,7312	125,0118	82,4704
19	4,05	69,6502	143,6478	89,9661
20	4,28	74,6927	163,9472	97,7556
21	4,50	79,8586	185,9719	105,7918

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 82 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,1623	0,2019	-4,4110	7,2325
2	0,17	-2,1219	3,1855	-34,6201	23,0486
3	0,33	-3,9422	6,6864	-80,6464	46,4711
4	0,50	-18,4460	14,2916	-106,1073	69,2422
5	0,63	-26,5992	23,0937	0,0000	97,2339
6	0,77	-18,2360	34,0545	0,0000	156,0991
7	0,90	0,0000	45,9678	0,0000	289,2669
8	1,03	0,0000	61,9009	0,0000	423,3229
9	1,17	0,0000	107,1761	0,0000	582,7774
10	1,30	0,0000	210,1632	-45,2844	814,8733
11	1,35	0,0000	261,6324	-46,1971	813,6553
12	2,30	-204,9944	0,0000	-218,8540	0,0000
13	2,44	-170,2957	0,0000	-203,1448	0,0000
14	2,58	-143,8078	0,0000	-166,1090	0,0000
15	2,73	-121,8934	0,0000	-140,0345	0,0000
16	2,87	-103,2587	0,0000	-121,8960	0,0000
17	3,01	-87,1996	0,0000	-109,3699	0,0000
18	3,16	-74,2978	0,0000	-98,4000	0,0000
19	3,30	-67,4534	0,0000	-88,4647	0,0000
20	3,43	-62,7727	0,0000	-80,5639	0,0000
21	3,57	-56,0223	0,0000	-73,2590	0,0000
22	3,70	-48,1889	0,0000	-68,2694	0,0000
23	3,83	-39,5340	0,0000	-79,1966	0,0000
24	3,97	-29,8551	0,0000	-90,9302	0,0000
25	4,10	-18,2516	0,0000	-105,9563	0,0000
26	4,27	-8,0213	0,0000	-68,2159	0,0000
27	4,43	-2,8668	0,4435	-32,9193	0,0000
28	4,60	0,0000	0,3302	-6,9513	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,6385	2,0481	-8,7421	132,9085
2	0,40	-1,9875	11,0766	-102,3478	206,5685
3	0,80	-22,8869	7,1795	-188,1122	205,7663
4	1,20	-43,0845	0,8977	-149,4489	146,0494
5	1,60	-19,5092	7,7882	-219,3863	206,3199
6	1,92	-1,8236	18,6796	-220,2806	131,5680
7	2,24	0,0000	25,4072	-81,9285	47,1043
8	2,56	0,0000	25,4440	-46,0301	79,4039
9	2,88	-1,8176	18,6720	-130,2690	217,4392
10	3,20	-19,2533	7,7646	-193,4238	216,5462
11	3,60	-41,8532	0,8949	-146,5600	146,5600
12	4,00	-19,2533	7,7646	-216,5462	193,4238
13	4,32	-1,8176	18,6720	-217,4392	130,2690
14	4,64	0,0000	25,4440	-79,4039	46,0301
15	4,96	0,0000	25,4072	-47,1043	81,9285
16	5,28	-1,8236	18,6796	-131,5680	220,2806

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 83 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-19,5092	7,7882	-206,3199	219,3863
18	6,00	-43,0845	0,8977	-146,0494	149,4489
19	6,40	-22,8869	7,1795	-205,7663	188,1122
20	6,80	-1,9875	11,0766	-206,5685	102,3478
21	7,20	-0,6385	2,0481	-132,9085	8,7421

### COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	196,5447	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	180,4705	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	77,8474	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	180,4705	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	495,6920	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	495,6920	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	180,4705	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Risultante in fondazione	527,5227	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,01	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	32,5838	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 84 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 7

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	0,2590	2,4927
3	0,45	5,7633	1,0803	5,2867
4	0,68	8,8301	2,5298	8,3759
5	0,90	12,0205	4,6721	11,7589
6	1,13	15,3343	7,5719	15,4357
7	1,35	18,7716	11,2941	19,4062
8	1,57	22,3323	15,9032	23,6705
9	1,80	26,0166	21,4639	28,2286
10	2,02	29,8243	28,0411	33,0804
11	2,25	33,7555	35,6993	38,2260
12	2,48	37,8101	44,5033	43,6653
13	2,70	41,9883	54,5178	49,3984
14	2,93	46,2899	65,8074	55,4253
15	3,15	50,7150	78,4369	61,7459
16	3,38	55,2636	92,4710	68,3603
17	3,60	59,9356	107,9744	75,2685
18	3,83	64,7312	125,0118	82,4704
19	4,05	69,6502	143,6478	89,9661
20	4,28	74,6927	163,9472	97,7556
21	4,50	79,8586	185,9719	105,7918

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 85 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 7

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,1623	0,2019	-4,4110	7,2325
2	0,17	-2,1219	3,1855	-34,6201	23,0486
3	0,33	-3,9422	6,6864	-80,6464	46,4711
4	0,50	-18,4460	14,2916	-106,1073	69,2422
5	0,63	-26,5992	23,0937	0,0000	97,2339
6	0,77	-18,2360	34,0545	0,0000	156,0991
7	0,90	0,0000	45,9678	0,0000	289,2669
8	1,03	0,0000	61,9009	0,0000	423,3229
9	1,17	0,0000	107,1761	0,0000	582,7774
10	1,30	0,0000	210,1632	-45,2844	814,8733
11	1,35	0,0000	261,6324	-46,1971	813,6553
12	2,30	-204,9944	0,0000	-218,8540	0,0000
13	2,44	-170,2957	0,0000	-203,1448	0,0000
14	2,58	-143,8078	0,0000	-166,1090	0,0000
15	2,73	-121,8934	0,0000	-140,0345	0,0000
16	2,87	-103,2587	0,0000	-121,8960	0,0000
17	3,01	-87,1996	0,0000	-109,3699	0,0000
18	3,16	-74,2978	0,0000	-98,4000	0,0000
19	3,30	-67,4534	0,0000	-88,4647	0,0000
20	3,43	-62,7727	0,0000	-80,5639	0,0000
21	3,57	-56,0223	0,0000	-73,2590	0,0000
22	3,70	-48,1889	0,0000	-68,2694	0,0000
23	3,83	-39,5340	0,0000	-79,1966	0,0000
24	3,97	-29,8551	0,0000	-90,9302	0,0000
25	4,10	-18,2516	0,0000	-105,9563	0,0000
26	4,27	-8,0213	0,0000	-68,2159	0,0000
27	4,43	-2,8668	0,4435	-32,9193	0,0000
28	4,60	0,0000	0,3302	-6,9513	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,6385	2,0481	-8,7421	132,9085
2	0,40	-1,9875	11,0766	-102,3478	206,5685
3	0,80	-22,8869	7,1795	-188,1122	205,7663
4	1,20	-43,0845	0,8977	-149,4489	146,0494
5	1,60	-19,5092	7,7882	-219,3863	206,3199
6	1,92	-1,8236	18,6796	-220,2806	131,5680
7	2,24	0,0000	25,4072	-81,9285	47,1043
8	2,56	0,0000	25,4440	-46,0301	79,4039
9	2,88	-1,8176	18,6720	-130,2690	217,4392
10	3,20	-19,2533	7,7646	-193,4238	216,5462
11	3,60	-41,8532	0,8949	-146,5600	146,5600
12	4,00	-19,2533	7,7646	-216,5462	193,4238
13	4,32	-1,8176	18,6720	-217,4392	130,2690
14	4,64	0,0000	25,4440	-79,4039	46,0301
15	4,96	0,0000	25,4072	-47,1043	81,9285
16	5,28	-1,8236	18,6796	-131,5680	220,2806

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 86 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-19,5092	7,7882	-206,3199	219,3863
18	6,00	-43,0845	0,8977	-146,0494	149,4489
19	6,40	-22,8869	7,1795	-205,7663	188,1122
20	6,80	-1,9875	11,0766	-206,5685	102,3478
21	7,20	-0,6385	2,0481	-132,9085	8,7421

### COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	196,5447	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	180,4705	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	77,8474	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,30	[m]	Y = -3,02	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,19	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,30	[m]	Y = -5,50	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	225,1466	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,18	[m]	Y = -2,05	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	180,4705	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	495,6920	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	495,6920	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	180,4705	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Risultante in fondazione	527,5227	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,01	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	32,5838	[kNm]



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 87 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,23	2,8199	0,2590	2,4927
3	0,45	5,7633	1,0803	5,2867
4	0,68	8,8301	2,5298	8,3759
5	0,90	12,0205	4,6721	11,7589
6	1,13	15,3343	7,5719	15,4357
7	1,35	18,7716	11,2941	19,4062
8	1,57	22,3323	15,9032	23,6705
9	1,80	26,0166	21,4639	28,2286
10	2,02	29,8243	28,0411	33,0804
11	2,25	33,7555	35,6993	38,2260
12	2,48	37,8101	44,5033	43,6653
13	2,70	41,9883	54,5178	49,3984
14	2,93	46,2899	65,8074	55,4253
15	3,15	50,7150	78,4369	61,7459
16	3,38	55,2636	92,4710	68,3603
17	3,60	59,9356	107,9744	75,2685
18	3,83	64,7312	125,0118	82,4704
19	4,05	69,6502	143,6478	89,9661
20	4,28	74,6927	163,9472	97,7556
21	4,50	79,8586	185,9719	105,7918

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 88 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 8

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 4.60

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,1623	0,2019	-4,4110	7,2325
2	0,17	-2,1219	3,1855	-34,6201	23,0486
3	0,33	-3,9422	6,6864	-80,6464	46,4711
4	0,50	-18,4460	14,2916	-106,1073	69,2422
5	0,63	-26,5992	23,0937	0,0000	97,2339
6	0,77	-18,2360	34,0545	0,0000	156,0991
7	0,90	0,0000	45,9678	0,0000	289,2669
8	1,03	0,0000	61,9009	0,0000	423,3229
9	1,17	0,0000	107,1761	0,0000	582,7774
10	1,30	0,0000	210,1632	-45,2844	814,8733
11	1,35	0,0000	261,6324	-46,1971	813,6553
12	2,30	-204,9944	0,0000	-218,8540	0,0000
13	2,44	-170,2957	0,0000	-203,1448	0,0000
14	2,58	-143,8078	0,0000	-166,1090	0,0000
15	2,73	-121,8934	0,0000	-140,0345	0,0000
16	2,87	-103,2587	0,0000	-121,8960	0,0000
17	3,01	-87,1996	0,0000	-109,3699	0,0000
18	3,16	-74,2978	0,0000	-98,4000	0,0000
19	3,30	-67,4534	0,0000	-88,4647	0,0000
20	3,43	-62,7727	0,0000	-80,5639	0,0000
21	3,57	-56,0223	0,0000	-73,2590	0,0000
22	3,70	-48,1889	0,0000	-68,2694	0,0000
23	3,83	-39,5340	0,0000	-79,1966	0,0000
24	3,97	-29,8551	0,0000	-90,9302	0,0000
25	4,10	-18,2516	0,0000	-105,9563	0,0000
26	4,27	-8,0213	0,0000	-68,2159	0,0000
27	4,43	-2,8668	0,4435	-32,9193	0,0000
28	4,60	0,0000	0,3302	-6,9513	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,6385	2,0481	-8,7421	132,9085
2	0,40	-1,9875	11,0766	-102,3478	206,5685
3	0,80	-22,8869	7,1795	-188,1122	205,7663
4	1,20	-43,0845	0,8977	-149,4489	146,0494
5	1,60	-19,5092	7,7882	-219,3863	206,3199
6	1,92	-1,8236	18,6796	-220,2806	131,5680
7	2,24	0,0000	25,4072	-81,9285	47,1043
8	2,56	0,0000	25,4440	-46,0301	79,4039
9	2,88	-1,8176	18,6720	-130,2690	217,4392
10	3,20	-19,2533	7,7646	-193,4238	216,5462
11	3,60	-41,8532	0,8949	-146,5600	146,5600
12	4,00	-19,2533	7,7646	-216,5462	193,4238
13	4,32	-1,8176	18,6720	-217,4392	130,2690
14	4,64	0,0000	25,4440	-79,4039	46,0301
15	4,96	0,0000	25,4072	-47,1043	81,9285
16	5,28	-1,8236	18,6796	-131,5680	220,2806





## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 89 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

17	5,60	-19,5092	7,7882	-206,3199	219,3863
18	6,00	-43,0845	0,8977	-146,0494	149,4489
19	6,40	-22,8869	7,1795	-205,7663	188,1122
20	6,80	-1,9875	11,0766	-206,5685	102,3478
21	7,20	-0,6385	2,0481	-132,9085	8,7421

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 90 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

#### 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	0,3414	1,1225	3,2405	10,1731
3	0,45	5,7633	5,7633	1,4236	4,5388	6,8727	20,6777
4	0,68	8,8301	8,8301	3,3325	10,3215	10,8887	31,5079
5	0,90	12,0205	12,0205	6,1527	18,5422	15,2866	42,6622
6	1,13	15,3343	15,3343	9,9688	29,2724	20,0664	54,1405
7	1,35	18,7716	18,7716	14,8652	42,5836	25,2281	65,9429
8	1,57	22,3323	22,3323	20,9265	58,5474	30,7717	78,0694
9	1,80	26,0166	26,0166	28,2372	77,2352	36,6971	90,5199
10	2,02	29,8243	29,8243	36,8818	98,7187	43,0045	103,2945
11	2,25	33,7555	33,7555	46,9450	123,0692	49,6937	116,3932
12	2,48	37,8101	37,8101	58,5112	150,3584	56,7649	129,8160
13	2,70	41,9883	41,9883	71,6649	180,6578	64,2179	143,5628
14	2,93	46,2899	46,2899	86,4907	214,0388	72,0529	157,6337
15	3,15	50,7150	50,7150	103,0731	250,5730	80,2697	172,0287
16	3,38	55,2636	55,2636	121,4966	290,3319	88,8684	186,7477
17	3,60	59,9356	59,9356	141,8458	333,3871	97,8490	201,7908
18	3,83	64,7312	64,7312	164,2052	379,8100	107,2116	217,1580
19	4,05	69,6502	69,6502	188,6593	429,6721	116,9560	232,8492
20	4,28	74,6927	74,6927	215,2927	483,0451	127,0823	248,8645
21	4,50	79,8586	79,8586	244,1862	539,9976	137,5293	265,1569

#### 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	0,2590	0,2590	2,4927	2,4927
3	0,45	5,7633	5,7633	1,0803	1,0803	5,2867	5,2867
4	0,68	8,8301	8,8301	2,5298	2,5298	8,3759	8,3759
5	0,90	12,0205	12,0205	4,6721	4,6721	11,7589	11,7589
6	1,13	15,3343	15,3343	7,5719	7,5719	15,4357	15,4357
7	1,35	18,7716	18,7716	11,2941	11,2941	19,4062	19,4062
8	1,57	22,3323	22,3323	15,9032	15,9032	23,6705	23,6705
9	1,80	26,0166	26,0166	21,4639	21,4639	28,2286	28,2286
10	2,02	29,8243	29,8243	28,0411	28,0411	33,0804	33,0804
11	2,25	33,7555	33,7555	35,6993	35,6993	38,2260	38,2260
12	2,48	37,8101	37,8101	44,5033	44,5033	43,6653	43,6653
13	2,70	41,9883	41,9883	54,5178	54,5178	49,3984	49,3984
14	2,93	46,2899	46,2899	65,8074	65,8074	55,4253	55,4253
15	3,15	50,7150	50,7150	78,4369	78,4369	61,7459	61,7459
16	3,38	55,2636	55,2636	92,4710	92,4710	68,3603	68,3603
17	3,60	59,9356	59,9356	107,9744	107,9744	75,2685	75,2685
18	3,83	64,7312	64,7312	125,0118	125,0118	82,4704	82,4704
19	4,05	69,6502	69,6502	143,6478	143,6478	89,9661	89,9661
20	4,28	74,6927	74,6927	163,9472	163,9472	97,7556	97,7556
21	4,50	79,8586	79,8586	185,9719	185,9719	105,7918	105,7918



**GUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 91 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

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

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	10.10
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	PROGIN S.P.A.
Licenza	AIU01054U

#### Affidabilità dei codici di calcolo

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

#### Modalità di presentazione dei risultati

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

#### Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 92 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

# ALLEGATO 2

## TABULATI DI CALCOLO MURO TIPO 3

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 93 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

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

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 94 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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 cuneo 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  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo 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 cuneo 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 ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

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

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

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) * \left(k_h / (1 \pm k_v)\right)\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 95 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 96 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra 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 viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\phi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- $Q_T$  portanza totale del palo
- $Q_P$  portanza di base del palo
- $Q_L$  portanza per attrito laterale del palo
- $W_P$  peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

#### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_p (cN'_c + qN'_q + 1/2B\gamma N'_\gamma)$$

dove  $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $D$  è il diametro del palo ed i coefficienti  $N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro  $\eta$  che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come:  $K_0 = 1 - \sin\phi$ .



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 97 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo,  $L$  e  $P$  sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo,  $K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

### Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica  $K$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite,  $X_{\max}$  oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

### Determinazione degli scarichi sul palo.

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 (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) 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.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 98 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### Normativa

#### N.T.C. 2008 - Approccio 2

##### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniaxiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniaxiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### FONDAZIONE SUPERFICIALE

##### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

###### Verifica

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

###### Coefficienti parziali



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 99 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	---------------------------

### PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali

#### Pali trivellati

		R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1,00	1,70	1,35
Laterale compressione	$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15
Totale compressione	$\gamma_t$	1,00	1,60	1,30
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
	$\gamma_T$	1,00	1,60	1,30

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate	3	$\xi_3=1,60$	$\xi_4=1,48$
------------------------------	---	--------------	--------------

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 100 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Geometria muro e fondazione

#### Descrizione

Altezza del paramento	6,70 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,17 [m]
Inclinazione paramento esterno	5,70 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	7,20 [m]

#### Muro a mensola in c.a.

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,45 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3,88 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,30 [m]
Spessore magrone	0,20 [m]



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 101 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Descrizione pali di fondazione

Pali in c.a.	
Numero di file di pali	3
Vincolo pali/fondazione	Incastro
Tipo di portanza	Portanza di punta

#### Simbologia adottata

N	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
nr.	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [m]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
alfa	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

N	X	Nr.	D	L	alfa	ALL
1	0,70	3	0,8000	16,00	0,00	Centrati
2	3,25	3	0,8000	16,00	0,00	Centrati
3	5,75	3	0,8000	16,00	0,00	Centrati

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 102 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Materiali utilizzati per la struttura

#### Calcestruzzo

Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	30000 [kPa]
Modulo elastico E	31447048 [kPa]

#### Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	449936 [kPa]

#### Calcestruzzo utilizzato per i pali

Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	40000 [kPa]
Modulo elastico E	33642648 [kPa]

#### Acciaio utilizzato per i pali

Tipo	B450C
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	449936 [kPa]
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	449936 [kPa]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10,00	3,20	17,74
2	20,00	3,20	0,00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz. valle-paramento	0,20	[m]

### Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	-1,00	[m]
---	-------	-----

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr.	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$		Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$		Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$		Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$		Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 103 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

$c$  Coesione espressa in [kPa]

$c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	35.00	23.33	0,0	0,0
Ala	19,00	19,00	25.00	16.67	2,0	0,0
Salt	20,00	20,00	27.00	18.00	20,0	0,0
Ap/Pa	23,00	23,00	31.00	20.67	120,0	0,0

### Parametri medi

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	35.00	23.33	0,0	0,0
Ala	19,00	19,00	25.00	16.67	2,0	0,0
Salt	20,00	20,00	27.00	18.00	20,0	0,0
Ap/Pa	23,00	23,00	31.00	20.67	120,0	0,0

### Parametri minimi

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	30.00	20.00	0,0	0,0
Ala	19,00	19,00	25.00	16.67	2,0	0,0
Salt	20,00	20,00	27.00	18.00	20,0	0,0
Ap/Pa	23,00	23,00	31.00	20.67	120,0	0,0

## Stratigrafia

### *Simbologia adottata*

$N$	Indice dello strato
$H$	Spessore dello strato espresso in [m]
$a$	Inclinazione espressa in [°]
$K_w$	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	Terreno
1	8,05	Rilevato
2	1,00	Ala
3	5,00	Salt
4	20,00	Ap/Pa



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 104 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Condizioni di carico

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
$M$	Momento espresso in [kNm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_i$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
$D/C$	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

#### Condizione n° 1 (SOVRACCARICO STRADALE)

D	Profilo	$X_i=10,00$	$X_f=17,45$	$Q_i=60,0000$	$Q_f=20,0000$
---	---------	-------------	-------------	---------------	---------------



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 105 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Descrizione combinazioni di carico

#### 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

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 106 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Impostazioni analisi pali

<u>Numero elementi palo</u>	40
<u>Tipo carico palo</u>	Distribuito
<u>Calcolo della portanza</u>	metodo di Vesic
<u>Costante di Winkler</u>	da Strato

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Spostamento limite pari a 0,0150 m

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

Andamento pressione verticale

Geostatica

### Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

***Impostazioni verifiche SLU***

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

***Impostazioni verifiche SLE***

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

***Impostazioni avanzate***

Terreno a monte a elevata permeabilità

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 107 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLIM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLIM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
2	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--
3	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
4	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
5	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
6	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--
7	SLEF - [1]	--	--	--	--	--
8	SLER - [1]	--	--	--	--	--

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 108 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

#### Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta a riposo

#### Sisma

##### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo  $a_g$

2.02 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.19

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 24.54$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 12.27$

##### **Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo  $a_g$

0.00 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.20

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

7,20 [m]

Peso muro

344,1866 [kN]

Baricentro del muro

X=0,20 Y=-5,94

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 3,88 Y = -8,00

Punto superiore superficie di spinta

X = 3,88 Y = 1,24

Altezza della superficie di spinta

9,24 [m]

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)

0,00 [°]

#### COMBINAZIONE n° 1

##### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica

525,9550 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

482,9403 [kN]

Componente verticale della spinta statica

208,3201 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 3,88 [m]

Y = -4,29 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

23,33 [°]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800		01	A	109 di 135

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,13	[°]						
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]				Y = -8,00		[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]						
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]				Y = -3,03		[m]
<b><u>Risultanti</u></b>								
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	482,9403	[kN]						
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1120,6008	[kN]						
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1120,6008	[kN]						
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	482,9403	[kN]						
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,44	[m]						
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]						
Risultante in fondazione	1220,2367	[kN]						
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,31	[°]						
Momento rispetto al baricentro della fondazione	487,6198	[kNm]						

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 110 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	1,1057	6,9519
3	0,67	8,7606	4,6080	14,7464
4	1,01	13,5515	10,7830	23,3720
5	1,34	18,6162	19,9035	32,8262
6	1,68	23,9545	32,2427	43,1088
7	2,01	29,5666	48,0734	54,2199
8	2,35	35,4524	67,6686	66,1594
9	2,68	41,6119	91,3011	78,9274
10	3,02	48,0451	119,2440	92,5239
11	3,35	54,7521	151,7701	106,9489
12	3,69	61,7328	189,1524	122,2023
13	4,02	68,9872	231,6638	138,2842
14	4,36	76,5153	279,5772	155,1946
15	4,69	84,3171	333,1657	172,9334
16	5,03	92,3927	392,7020	191,5007
17	5,36	100,7420	458,4591	210,8965
18	5,70	109,3650	530,7100	231,1207
19	6,03	118,2617	609,7276	252,1734
20	6,37	127,4322	695,7849	274,0546
21	6,70	136,8764	789,1428	296,6317

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 111 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 1

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,6174	0,4886	-16,2238	34,5630
2	0,17	-3,8561	11,3559	-117,4814	89,3747
3	0,35	-25,9782	27,4667	-121,1644	158,4403
4	0,55	-35,9055	58,0877	0,0000	253,4150
5	0,75	0,0000	104,1367	0,0000	436,4394
6	0,95	0,0000	162,1319	0,0000	743,7137
7	1,15	0,0000	251,1736	0,0000	1090,6297
8	1,45	0,0000	582,8763	0,0000	1069,6237
9	2,62	-1313,0959	0,0000	-672,2263	0,0000
10	2,85	-1145,5046	0,0000	-627,9481	0,0000
11	3,05	-1064,6982	0,0000	-518,4086	0,0000
12	3,25	-986,7121	0,0000	-509,1421	0,0000
13	3,45	-888,8519	0,0000	-583,1670	0,0000
14	3,65	-768,2392	0,0000	-713,2484	0,0000
15	3,87	-636,6521	0,0000	-595,4126	0,0000
16	4,09	-532,5088	0,0000	-507,2811	0,0000
17	4,30	-436,6169	0,0000	-439,9139	0,0000
18	4,52	-350,1182	0,0000	-380,8736	0,0000
19	4,74	-274,0666	0,0000	-324,8136	0,0000
20	4,96	-208,6414	0,0000	-277,7019	0,0000
21	5,18	-153,4846	0,0000	-236,4246	0,0000
22	5,40	-109,2249	0,0000	-197,0826	0,0000
23	5,60	-80,2778	0,0000	-162,4519	0,0000
24	5,80	-53,7799	0,0000	-135,2645	0,0000
25	6,00	-31,2298	0,0000	-119,4857	0,0000
26	6,20	-11,5845	0,0000	-106,0047	0,0000
27	6,50	0,0000	1,8212	-17,1861	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-1,0681	3,4393	-24,4745	177,8030
2	0,40	-3,4441	21,1153	-235,2673	196,0532
3	0,80	-62,8779	2,5388	-537,0699	193,6553
4	1,20	-111,6063	0,0000	-182,8277	216,0985
5	1,60	-48,3329	3,0136	-150,2960	591,1188
6	2,00	0,0000	53,9255	-152,3893	280,6596
7	2,40	0,0000	73,4521	-73,9266	78,4519
8	2,80	0,0000	54,3459	-274,4423	146,5382
9	3,20	-46,4971	3,0398	-553,4068	144,4790
10	3,60	-105,3282	0,0000	-176,7012	176,7012
11	4,00	-46,4971	3,0398	-144,4790	553,4068
12	4,40	0,0000	54,3459	-146,5382	274,4423
13	4,80	0,0000	73,4521	-78,4519	73,9266
14	5,20	0,0000	53,9255	-280,6596	152,3893
15	5,60	-48,3329	3,0136	-591,1188	150,2960
16	6,00	-111,6063	0,0000	-216,0985	182,8277
17	6,40	-62,8779	2,5388	-193,6553	537,0699



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800		01	A	112 di 135

18	6,80	-3,4441	21,1153	-196,0532	235,2673
19	7,20	-1,0681	3,4393	-177,8030	24,4745

### COMBINAZIONE n° 2

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	572,6828	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	525,8466	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	226,8281	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,46	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,07	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	525,8466	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1139,1088	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1139,1088	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	525,8466	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,43	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1254,6248	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,78	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	494,5966	[kNm]



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 113 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	1,1057	6,9519
3	0,67	8,7606	4,6080	14,7464
4	1,01	13,5515	10,7830	23,3720
5	1,34	18,6162	19,9035	32,8262
6	1,68	23,9545	32,2427	43,1088
7	2,01	29,5666	48,0734	54,2199
8	2,35	35,4524	67,6686	66,1594
9	2,68	41,6119	91,3011	78,9274
10	3,02	48,0451	119,2440	92,5239
11	3,35	54,7521	151,7701	106,9489
12	3,69	61,7328	189,1524	122,2023
13	4,02	68,9872	231,6638	138,2842
14	4,36	76,5153	279,5772	155,1946
15	4,69	84,3171	333,1657	172,9334
16	5,03	92,3927	392,7020	191,5007
17	5,36	100,7420	458,4591	210,8965
18	5,70	109,3650	530,7100	231,1207
19	6,03	118,2617	609,7276	252,1734
20	6,37	127,4322	695,7849	274,0546
21	6,70	136,8764	789,1428	296,6317

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 114 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 2

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,6433	0,5038	-16,7587	35,8688
2	0,17	-3,9843	11,7943	-121,5994	92,9119
3	0,35	-26,8746	28,5574	-125,2793	164,7399
4	0,55	-37,0642	60,4194	0,0000	263,5061
5	0,75	0,0000	108,3295	0,0000	453,6289
6	0,95	0,0000	168,6741	0,0000	772,4646
7	1,15	0,0000	261,2620	0,0000	1132,4604
8	1,45	0,0000	605,7329	0,0000	1111,0127
9	2,62	-1348,3859	0,0000	-680,6640	0,0000
10	2,85	-1178,8427	0,0000	-636,3551	0,0000
11	3,05	-1097,3901	0,0000	-528,1937	0,0000
12	3,25	-1017,8848	0,0000	-518,7594	0,0000
13	3,45	-918,0466	0,0000	-595,4784	0,0000
14	3,65	-794,9403	0,0000	-728,2117	0,0000
15	3,87	-660,4145	0,0000	-609,2335	0,0000
16	4,09	-553,5598	0,0000	-520,5145	0,0000
17	4,30	-454,9257	0,0000	-452,9522	0,0000
18	4,52	-365,6560	0,0000	-393,9080	0,0000
19	4,74	-286,8315	0,0000	-337,9990	0,0000
20	4,96	-218,6636	0,0000	-289,0634	0,0000
21	5,18	-160,8769	0,0000	-246,3795	0,0000
22	5,40	-113,7791	0,0000	-205,6338	0,0000
23	5,60	-82,2928	0,0000	-169,4025	0,0000
24	5,80	-54,2199	0,0000	-140,0241	0,0000
25	6,00	-30,8562	0,0000	-119,7459	0,0000
26	6,20	-11,3293	0,0000	-101,4126	0,0000
27	6,50	0,0000	1,8094	-15,1719	0,0000

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-1,1232	3,3989	-25,4016	184,3362
2	0,40	-3,1678	21,8906	-244,0637	203,2910
3	0,80	-65,2140	2,5978	-559,0962	200,8975
4	1,20	-115,7473	0,0000	-191,3963	226,2332
5	1,60	-50,1259	3,0742	-155,9129	614,8394
6	2,00	0,0000	55,9257	-158,0017	291,1636
7	2,40	0,0000	76,1768	-76,7484	81,4458
8	2,80	0,0000	56,3618	-284,7145	151,9327
9	3,20	-48,2216	3,0937	-575,6523	149,8781
10	3,60	-109,2348	0,0000	-184,9742	184,9742
11	4,00	-48,2216	3,0937	-149,8781	575,6523
12	4,40	0,0000	56,3618	-151,9327	284,7145
13	4,80	0,0000	76,1768	-81,4458	76,7484
14	5,20	0,0000	55,9257	-291,1636	158,0017
15	5,60	-50,1259	3,0742	-614,8394	155,9129
16	6,00	-115,7473	0,0000	-226,2332	191,3963
17	6,40	-65,2140	2,5978	-200,8975	559,0962



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800		01	A	115 di 135

18	6,80	-3,1678	21,8906	-203,2910	244,0637
19	7,20	-1,1232	3,3989	-184,3362	25,4016

### COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	404,5808	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	371,4926	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	160,2463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,29	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,13	[°]		
Incremento sismico della spinta	370,6847	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,88	[m]	Y = -3,38	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45,57	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]
Inerzia del muro	84,4759	[kN]		
Inerzia verticale del muro	42,2380	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	139,4310	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	69,7155	[kN]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	935,7682	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1331,3011	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1331,3011	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	935,7682	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,59	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,98	[m]
Risultante in fondazione	1627,2752	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	35,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2115,9544	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 116 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	3,2226	19,5688
3	0,67	8,7606	13,0471	39,8530
4	1,01	13,5515	29,7074	60,8436
5	1,34	18,6162	53,4348	82,5388
6	1,68	23,9545	84,4607	104,9384
7	2,01	29,5666	123,0166	128,0425
8	2,35	35,4524	169,3339	151,8511
9	2,68	41,6119	223,6439	176,3641
10	3,02	48,0451	286,1780	201,5816
11	3,35	54,7521	357,1677	227,5036
12	3,69	61,7328	436,8442	254,1300
13	4,02	68,9872	525,4391	281,4609
14	4,36	76,5153	623,1836	309,4962
15	4,69	84,3171	730,3092	338,2360
16	5,03	92,3927	847,0472	367,6803
17	5,36	100,7420	973,6291	397,8290
18	5,70	109,3650	1110,2863	428,6823
19	6,03	118,2617	1257,2501	460,2399
20	6,37	127,4322	1414,7519	492,5021
21	6,70	136,8764	1583,0139	525,3667

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 117 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 3

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-1,2113	0,8354	-28,4154	64,3900
2	0,17	-6,7858	21,3752	-211,5739	170,1981
3	0,35	-46,4629	52,3910	-215,2162	302,3948
4	0,55	-62,3829	111,3744	0,0000	484,0038
5	0,75	0,0000	199,9535	0,0000	829,2043
6	0,95	0,0000	311,6399	0,0000	1400,7313
7	1,15	0,0000	481,7223	0,0000	2046,5697
8	1,45	0,0000	1105,2126	0,0000	2015,4779
9	2,62	-2248,3970	0,0000	-857,7106	0,0000
10	2,85	-2054,6557	0,0000	-820,4617	0,0000
11	3,05	-1950,7641	0,0000	-766,0595	0,0000
12	3,25	-1826,7599	0,0000	-769,3182	0,0000
13	3,45	-1676,6551	0,0000	-879,3801	0,0000
14	3,65	-1496,7085	0,0000	-1049,3452	0,0000
15	3,87	-1294,8679	0,0000	-923,8447	0,0000
16	4,09	-1121,2696	0,0000	-837,1093	0,0000
17	4,30	-953,7537	0,0000	-779,5199	0,0000
18	4,52	-794,3518	0,0000	-733,8513	0,0000
19	4,74	-648,0907	0,0000	-701,9394	0,0000
20	4,96	-509,7224	0,0000	-680,2361	0,0000
21	5,18	-377,3612	0,0000	-680,1728	0,0000
22	5,40	-262,4212	0,0000	-710,8615	0,0000
23	5,60	-175,5893	0,0000	-527,2585	0,0000
24	5,80	-105,6172	0,0000	-354,6305	0,0000
25	6,00	-53,9570	0,0000	-240,4310	0,0000
26	6,20	-20,3153	0,0000	-150,1129	20,8860
27	6,50	0,0000	2,4396	-38,1656	1,4677

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-2,3277	4,3374	-45,6354	327,2300
2	0,40	-1,7473	38,8341	-436,2444	361,4780
3	0,80	-116,2660	56,2040	-1043,4508	359,1364
4	1,20	-206,2397	86,8517	-380,6650	450,7254
5	1,60	-89,3080	44,5679	-278,6339	1135,2196
6	2,00	-26,0969	99,6365	-280,6714	520,6587
7	2,40	-42,4588	135,7170	-138,3532	146,8106
8	2,80	-29,4920	100,4155	-509,1404	269,8414
9	3,20	-85,9064	37,1711	-1063,7635	267,8384
10	3,60	-194,6051	74,5524	-367,7477	367,7477
11	4,00	-85,9064	37,1711	-267,8384	1063,7635
12	4,40	-29,4920	100,4155	-269,8414	509,1404
13	4,80	-42,4588	135,7170	-146,8106	138,3532
14	5,20	-26,0969	99,6365	-520,6587	280,6714
15	5,60	-89,3080	44,5679	-1135,2196	278,6339
16	6,00	-206,2397	86,8517	-450,7254	380,6650
17	6,40	-116,2660	56,2040	-359,1364	1043,4508

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800	REL	01	A	118 di 135

18	6,80	-1,7473	38,8341	-361,4780	436,2444
19	7,20	-2,3277	4,3374	-327,2300	45,6354

### COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica	404,5808	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	371,4926	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	160,2463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,29	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,13	[°]		
Incremento sismico della spinta	300,8505	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,88	[m]	Y = -3,38	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41,69	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]
Inerzia del muro	84,4759	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-42,2380	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	139,4310	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-69,7155	[kN]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	871,6452	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1079,7343	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1079,7343	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	871,6452	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,91	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,01	[m]
Risultante in fondazione	1387,6568	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	38,91	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2063,7474	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 119 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	2,9385	17,8727
3	0,67	8,7606	11,9108	36,4607
4	1,01	13,5515	27,1505	55,7553
5	1,34	18,6162	48,8892	75,7544
6	1,68	23,9545	77,3583	96,4579
7	2,01	29,5666	112,7891	117,8659
8	2,35	35,4524	155,4131	139,9783
9	2,68	41,6119	205,4616	162,7952
10	3,02	48,0451	263,1660	186,3166
11	3,35	54,7521	328,7578	210,5424
12	3,69	61,7328	402,4683	235,4727
13	4,02	68,9872	484,5289	261,1075
14	4,36	76,5153	575,1709	287,4468
15	4,69	84,3171	674,6258	314,4905
16	5,03	92,3927	783,1250	342,2386
17	5,36	100,7420	900,8999	370,6913
18	5,70	109,3650	1028,1818	399,8483
19	6,03	118,2617	1165,2021	429,7099
20	6,37	127,4322	1312,1922	460,2759
21	6,70	136,8764	1469,3744	491,4445

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 120 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 4

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-1,0841	0,7611	-25,8086	58,0051
2	0,17	-6,1585	19,2299	-191,4287	152,8935
3	0,35	-42,0768	47,0542	-195,0763	271,5723
4	0,55	-56,7136	99,9647	0,0000	434,6328
5	0,75	0,0000	179,4374	0,0000	745,1128
6	0,95	0,0000	279,6275	0,0000	1260,0534
7	1,15	0,0000	432,3576	0,0000	1841,8857
8	1,45	0,0000	993,3707	0,0000	1812,9526
9	2,62	-2439,6945	0,0000	-940,7329	0,0000
10	2,85	-2227,0765	0,0000	-903,1666	0,0000
11	3,05	-2096,7867	0,0000	-852,4045	0,0000
12	3,25	-1950,7691	0,0000	-848,4525	0,0000
13	3,45	-1784,8997	0,0000	-934,5589	0,0000
14	3,65	-1596,1651	0,0000	-1065,1570	0,0000
15	3,87	-1386,3782	0,0000	-954,3904	0,0000
16	4,09	-1201,3226	0,0000	-876,5237	0,0000
17	4,30	-1023,2478	0,0000	-822,9893	0,0000
18	4,52	-856,6990	0,0000	-782,2424	0,0000
19	4,74	-700,0867	0,0000	-752,6253	0,0000
20	4,96	-551,3322	0,0000	-734,1958	0,0000
21	5,18	-408,2972	0,0000	-740,2820	0,0000
22	5,40	-283,0030	0,0000	-780,8649	0,0000
23	5,60	-189,2488	0,0000	-576,6058	0,0000
24	5,80	-113,6990	0,0000	-385,2196	0,0000
25	6,00	-57,9846	0,0000	-260,6673	0,0000
26	6,20	-21,7812	0,1722	-162,8940	26,3905
27	6,50	0,0000	2,5541	-42,7661	7,1419

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-2,0580	3,9532	-41,1072	295,2218
2	0,40	-1,6000	35,0402	-393,2161	326,0550
3	0,80	-104,8346	64,9022	-934,6768	323,7063
4	1,20	-185,9770	100,0295	-338,0736	400,1389
5	1,60	-80,5345	51,6830	-311,5459	1018,4868
6	2,00	-29,2248	89,8490	-253,2014	469,2755
7	2,40	-48,0544	122,3849	-124,5646	132,1801
8	2,80	-33,3315	90,5511	-458,8924	243,4374
9	3,20	-77,4682	42,8692	-954,2595	292,4255
10	3,60	-175,4893	85,5628	-326,6140	326,6140
11	4,00	-77,4682	42,8692	-292,4255	954,2595
12	4,40	-33,3315	90,5511	-243,4374	458,8924
13	4,80	-48,0544	122,3849	-132,1801	124,5646
14	5,20	-29,2248	89,8490	-469,2755	253,2014
15	5,60	-80,5345	51,6830	-1018,4868	311,5459
16	6,00	-185,9770	100,0295	-400,1389	338,0736
17	6,40	-104,8346	64,9022	-323,7063	934,6768



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800		01	A	121 di 135

18	6,80	-1,6000	35,0402	-326,0550	393,2161
19	7,20	-2,0580	3,9532	-295,2218	41,1072

### COMBINAZIONE n° 5

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	404,5808	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	371,4926	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	160,2463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,29	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,13	[°]		
Incremento sismico della spinta	370,6847	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,88	[m]	Y = -3,38	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45,57	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]
Inerzia del muro	84,4759	[kN]		
Inerzia verticale del muro	42,2380	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	139,4310	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	69,7155	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	935,7682	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1331,3011	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1331,3011	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	935,7682	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,59	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,98	[m]
Risultante in fondazione	1627,2752	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	35,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2115,9544	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 122 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	3,2226	19,5688
3	0,67	8,7606	13,0471	39,8530
4	1,01	13,5515	29,7074	60,8436
5	1,34	18,6162	53,4348	82,5388
6	1,68	23,9545	84,4607	104,9384
7	2,01	29,5666	123,0166	128,0425
8	2,35	35,4524	169,3339	151,8511
9	2,68	41,6119	223,6439	176,3641
10	3,02	48,0451	286,1780	201,5816
11	3,35	54,7521	357,1677	227,5036
12	3,69	61,7328	436,8442	254,1300
13	4,02	68,9872	525,4391	281,4609
14	4,36	76,5153	623,1836	309,4962
15	4,69	84,3171	730,3092	338,2360
16	5,03	92,3927	847,0472	367,6803
17	5,36	100,7420	973,6291	397,8290
18	5,70	109,3650	1110,2863	428,6823
19	6,03	118,2617	1257,2501	460,2399
20	6,37	127,4322	1414,7519	492,5021
21	6,70	136,8764	1583,0139	525,3667

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 123 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 5

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymin</sub>
1	0,00	-1,2113	0,8354	-28,4154	64,3900
2	0,17	-6,7858	21,3752	-211,5739	170,1981
3	0,35	-46,4629	52,3910	-215,2162	302,3948
4	0,55	-62,3829	111,3744	0,0000	484,0038
5	0,75	0,0000	199,9535	0,0000	829,2043
6	0,95	0,0000	311,6399	0,0000	1400,7313
7	1,15	0,0000	481,7223	0,0000	2046,5697
8	1,45	0,0000	1105,2126	0,0000	2015,4779
9	2,62	-2248,3970	0,0000	-857,7106	0,0000
10	2,85	-2054,6557	0,0000	-820,4617	0,0000
11	3,05	-1950,7641	0,0000	-766,0595	0,0000
12	3,25	-1826,7599	0,0000	-769,3182	0,0000
13	3,45	-1676,6551	0,0000	-879,3801	0,0000
14	3,65	-1496,7085	0,0000	-1049,3452	0,0000
15	3,87	-1294,8679	0,0000	-923,8447	0,0000
16	4,09	-1121,2696	0,0000	-837,1093	0,0000
17	4,30	-953,7537	0,0000	-779,5199	0,0000
18	4,52	-794,3518	0,0000	-733,8513	0,0000
19	4,74	-648,0907	0,0000	-701,9394	0,0000
20	4,96	-509,7224	0,0000	-680,2361	0,0000
21	5,18	-377,3612	0,0000	-680,1728	0,0000
22	5,40	-262,4212	0,0000	-710,8615	0,0000
23	5,60	-175,5893	0,0000	-527,2585	0,0000
24	5,80	-105,6172	0,0000	-354,6305	0,0000
25	6,00	-53,9570	0,0000	-240,4310	0,0000
26	6,20	-20,3153	0,0000	-150,1129	20,8860
27	6,50	0,0000	2,4396	-38,1656	1,4677

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-2,3277	4,3374	-45,6354	327,2300
2	0,40	-1,7473	38,8341	-436,2444	361,4780
3	0,80	-116,2660	56,2040	-1043,4508	359,1364
4	1,20	-206,2397	86,8517	-380,6650	450,7254
5	1,60	-89,3080	44,5679	-278,6339	1135,2196
6	2,00	-26,0969	99,6365	-280,6714	520,6587
7	2,40	-42,4588	135,7170	-138,3532	146,8106
8	2,80	-29,4920	100,4155	-509,1404	269,8414
9	3,20	-85,9064	37,1711	-1063,7635	267,8384
10	3,60	-194,6051	74,5524	-367,7477	367,7477
11	4,00	-85,9064	37,1711	-267,8384	1063,7635
12	4,40	-29,4920	100,4155	-269,8414	509,1404
13	4,80	-42,4588	135,7170	-146,8106	138,3532
14	5,20	-26,0969	99,6365	-520,6587	280,6714
15	5,60	-89,3080	44,5679	-1135,2196	278,6339
16	6,00	-206,2397	86,8517	-450,7254	380,6650
17	6,40	-116,2660	56,2040	-359,1364	1043,4508



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800		01	A	124 di 135

18	6,80	-1,7473	38,8341	-361,4780	436,2444
19	7,20	-2,3277	4,3374	-327,2300	45,6354

### COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	404,5808	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	371,4926	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	160,2463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,29	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,13	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	371,4926	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1072,5269	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1072,5269	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	371,4926	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1135,0422	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	230,0932	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 125 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 6

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	0,8424	5,3476
3	0,67	8,7606	3,5114	11,3434
4	1,01	13,5515	8,2183	17,9785
5	1,34	18,6162	15,1719	25,2509
6	1,68	23,9545	24,5812	33,1606
7	2,01	29,5666	36,6551	41,7076
8	2,35	35,4524	51,6025	50,8919
9	2,68	41,6119	69,6322	60,7134
10	3,02	48,0451	90,9532	71,1723
11	3,35	54,7521	115,7742	82,2684
12	3,69	61,7328	144,3043	94,0018
13	4,02	68,9872	176,7522	106,3725
14	4,36	76,5153	213,3269	119,3804
15	4,69	84,3171	254,2373	133,0257
16	5,03	92,3927	299,6922	147,3082
17	5,36	100,7420	349,9004	162,2280
18	5,70	109,3650	405,0710	177,7852
19	6,03	118,2617	465,4128	193,9795
20	6,37	127,4322	531,1346	210,8112
21	6,70	136,8764	602,4363	228,1782

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 126 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,5015	0,4209	-13,8352	28,7385
2	0,17	-3,2845	9,4010	-99,1182	73,6017
3	0,35	-21,9814	22,6037	-102,8183	130,3506
4	0,55	-30,7395	47,6908	0,0000	208,4177
5	0,75	0,0000	85,4417	0,0000	359,7867
6	0,95	0,0000	132,9610	0,0000	615,5167
7	1,15	0,0000	206,1907	0,0000	904,1129
8	1,45	0,0000	480,9620	0,0000	885,0770
9	2,62	-744,3155	0,0000	-443,0640	107,0828
10	2,85	-626,0123	0,0000	-409,0186	136,0304
11	3,05	-584,0715	0,0000	-296,9860	0,0000
12	3,25	-548,8847	0,0000	-295,4281	0,0000
13	3,45	-493,3059	0,0000	-361,6563	0,0000
14	3,65	-414,6302	0,0000	-496,5996	0,0000
15	3,87	-327,7194	0,0000	-394,3110	0,0000
16	4,09	-265,8325	0,0000	-316,8245	0,0000
17	4,30	-210,2039	0,0000	-259,0894	0,0000
18	4,52	-161,9833	0,0000	-209,0059	0,0000
19	4,74	-122,1090	0,0000	-166,3104	0,0000
20	4,96	-90,5547	0,0000	-136,6918	0,0000
21	5,18	-66,4237	0,0000	-111,7449	0,0000
22	5,40	-52,2509	0,0000	-91,0352	2,5363
23	5,60	-48,7065	0,0000	-75,5162	0,0000
24	5,80	-39,6673	0,0000	-63,3510	0,0000
25	6,00	-27,8915	0,0000	-85,0612	0,0000
26	6,20	-11,2527	0,0000	-115,8349	0,0000
27	6,50	0,0000	1,5419	-26,1950	0,8484

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,8223	3,0587	-20,3379	148,6872
2	0,40	-5,9038	17,6581	-196,0411	163,7839
3	0,80	-52,4612	2,3160	-439,1551	161,3607
4	1,20	-93,1422	0,0000	-144,8241	171,2063
5	1,60	-40,3382	2,8148	-125,2486	485,5549
6	2,00	0,0000	45,0067	-127,3670	233,8182
7	2,40	0,0000	61,3035	-61,3378	65,0957
8	2,80	0,0000	45,3572	-228,6350	122,4873
9	3,20	-38,8079	2,8865	-454,4166	120,4029
10	3,60	-87,9091	0,0000	-140,0123	140,0123
11	4,00	-38,8079	2,8865	-120,4029	454,4166
12	4,40	0,0000	45,3572	-122,4873	228,6350
13	4,80	0,0000	61,3035	-65,0957	61,3378
14	5,20	0,0000	45,0067	-233,8182	127,3670
15	5,60	-40,3382	2,8148	-485,5549	125,2486
16	6,00	-93,1422	0,0000	-171,2063	144,8241
17	6,40	-52,4612	2,3160	-161,3607	439,1551

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc. REL	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800		01	A	127 di 135

18	6,80	-5,9038	17,6581	-163,7839	196,0411
19	7,20	-0,8223	3,0587	-148,6872	20,3379

### COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	426,5732	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	391,6864	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	168,9570	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,88	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	391,6864	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1081,2377	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1081,2377	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	391,6864	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1149,9970	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19,91	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	230,2767	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 128 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 7

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	0,8424	5,3476
3	0,67	8,7606	3,5114	11,3434
4	1,01	13,5515	8,2183	17,9785
5	1,34	18,6162	15,1719	25,2509
6	1,68	23,9545	24,5812	33,1606
7	2,01	29,5666	36,6551	41,7076
8	2,35	35,4524	51,6025	50,8919
9	2,68	41,6119	69,6322	60,7134
10	3,02	48,0451	90,9532	71,1723
11	3,35	54,7521	115,7742	82,2684
12	3,69	61,7328	144,3043	94,0018
13	4,02	68,9872	176,7522	106,3725
14	4,36	76,5153	213,3269	119,3804
15	4,69	84,3171	254,2373	133,0257
16	5,03	92,3927	299,6922	147,3082
17	5,36	100,7420	349,9004	162,2280
18	5,70	109,3650	405,0710	177,7852
19	6,03	118,2617	465,4128	193,9795
20	6,37	127,4322	531,1346	210,8112
21	6,70	136,8764	602,4363	228,1782



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 129 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 7

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymin</sub>
1	0,00	-0,5131	0,4277	-14,0747	29,3220
2	0,17	-3,3418	9,5968	-100,9574	75,1814
3	0,35	-22,3817	23,0907	-104,6554	133,1638
4	0,55	-31,2569	48,7320	0,0000	212,9243
5	0,75	0,0000	87,3140	0,0000	367,4640
6	0,95	0,0000	135,8824	0,0000	628,3556
7	1,15	0,0000	210,6956	0,0000	922,7923
8	1,45	0,0000	491,1686	0,0000	903,5591
9	2,62	-759,1138	0,0000	-446,5450	106,9642
10	2,85	-639,9895	0,0000	-412,4763	135,8784
11	3,05	-597,8266	0,0000	-300,3992	0,0000
12	3,25	-562,0427	0,0000	-299,3809	0,0000
13	3,45	-505,6504	0,0000	-366,7254	0,0000
14	3,65	-425,9185	0,0000	-503,0467	0,0000
15	3,87	-337,7553	0,0000	-400,2089	0,0000
16	4,09	-274,7255	0,0000	-322,4430	0,0000
17	4,30	-217,9393	0,0000	-264,6116	0,0000
18	4,52	-168,5479	0,0000	-214,5183	0,0000
19	4,74	-127,5019	0,0000	-171,2147	0,0000
20	4,96	-94,7886	0,0000	-141,3707	0,0000
21	5,18	-69,5466	0,0000	-116,0150	0,0000
22	5,40	-54,1737	0,0000	-94,7349	3,2415
23	5,60	-49,5572	0,0000	-78,5666	0,0000
24	5,80	-39,8525	0,0000	-65,6219	0,0000
25	6,00	-27,7338	0,0000	-86,1287	0,0000
26	6,20	-11,1449	0,0000	-114,3098	0,0000
27	6,50	0,0000	1,5369	-25,5956	0,7417

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmin</sub>
1	0,00	-0,8469	3,0416	-20,7525	151,6018
2	0,40	-5,7900	18,0043	-199,9700	167,0154
3	0,80	-53,5044	2,3430	-448,9353	164,5952
4	1,20	-94,9913	0,0000	-148,6123	175,6763
5	1,60	-41,1388	2,8428	-127,7573	496,1092
6	2,00	0,0000	45,8999	-129,8727	238,5098
7	2,40	0,0000	62,5202	-62,5992	66,4339
8	2,80	0,0000	46,2574	-233,2230	124,8957
9	3,20	-39,5780	2,9118	-464,3129	122,8144
10	3,60	-89,6536	0,0000	-143,6692	143,6692
11	4,00	-39,5780	2,9118	-122,8144	464,3129
12	4,40	0,0000	46,2574	-124,8957	233,2230
13	4,80	0,0000	62,5202	-66,4339	62,5992
14	5,20	0,0000	45,8999	-238,5098	129,8727
15	5,60	-41,1388	2,8428	-496,1092	127,7573
16	6,00	-94,9913	0,0000	-175,6763	148,6123
17	6,40	-53,5044	2,3430	-164,5952	448,9353



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0800	REL	01	A	130 di 135

18	6,80	-5,7900	18,0043	-167,0154	199,9700
19	7,20	-0,8469	3,0416	-151,6018	20,7525

### COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	435,0920	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	399,5084	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	172,3311	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,88	[m]	Y = -4,44	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,32	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 3,88	[m]	Y = -8,00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	568,0941	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,99	[m]	Y = -3,03	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	399,5084	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1084,6118	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1084,6118	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	399,5084	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1155,8502	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,22	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	233,1918	[kNm]

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 131 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	4,2435	0,8424	5,3476
3	0,67	8,7606	3,5114	11,3434
4	1,01	13,5515	8,2183	17,9785
5	1,34	18,6162	15,1719	25,2509
6	1,68	23,9545	24,5812	33,1606
7	2,01	29,5666	36,6551	41,7076
8	2,35	35,4524	51,6025	50,8919
9	2,68	41,6119	69,6322	60,7134
10	3,02	48,0451	90,9532	71,1723
11	3,35	54,7521	115,7742	82,2684
12	3,69	61,7328	144,3043	94,0018
13	4,02	68,9872	176,7522	106,3725
14	4,36	76,5153	213,3269	119,3804
15	4,69	84,3171	254,2373	133,0257
16	5,03	92,3927	299,6922	147,3082
17	5,36	100,7420	349,9004	162,2280
18	5,70	109,3650	405,0710	177,7852
19	6,03	118,2617	465,4128	193,9795
20	6,37	127,4322	531,1346	210,8112
21	6,70	136,8764	602,4363	228,1782

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 132 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

#### Combinazione n° 8

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 7.20 Altezza(m) = 6.50

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

#### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymin</sub>
1	0,00	-0,5181	0,4307	-14,1793	29,5768
2	0,17	-3,3668	9,6823	-101,7609	75,8716
3	0,35	-22,5565	23,3035	-105,4581	134,3928
4	0,55	-31,4829	49,1869	0,0000	214,8931
5	0,75	0,0000	88,1319	0,0000	370,8179
6	0,95	0,0000	137,1587	0,0000	633,9645
7	1,15	0,0000	212,6637	0,0000	930,9528
8	1,45	0,0000	495,6275	0,0000	911,6333
9	2,62	-766,5073	0,0000	-448,3503	106,3804
10	2,85	-646,9754	0,0000	-414,2663	135,2518
11	3,05	-604,6512	0,0000	-302,2972	0,0000
12	3,25	-568,5278	0,0000	-301,4401	0,0000
13	3,45	-511,7127	0,0000	-369,2664	0,0000
14	3,65	-431,4640	0,0000	-506,1084	0,0000
15	3,87	-342,6958	0,0000	-403,0459	0,0000
16	4,09	-279,1010	0,0000	-325,1750	0,0000
17	4,30	-221,7444	0,0000	-267,3111	0,0000
18	4,52	-171,7771	0,0000	-217,2210	0,0000
19	4,74	-130,1550	0,0000	-173,6331	0,0000
20	4,96	-96,8717	0,0000	-143,6758	0,0000
21	5,18	-71,0831	0,0000	-118,1163	0,0000
22	5,40	-55,1209	0,0000	-96,5539	2,5463
23	5,60	-49,9763	0,0000	-80,0646	0,0000
24	5,80	-39,9436	0,0000	-66,7362	0,0000
25	6,00	-27,6560	0,0000	-86,6301	0,0000
26	6,20	-11,0918	0,0000	-113,5525	0,0000
27	6,50	0,0000	1,5344	-25,2983	0,6886

#### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,8577	3,0332	-20,9336	152,8751
2	0,40	-5,7310	18,1556	-201,6863	168,4272
3	0,80	-53,9601	2,3542	-453,2099	166,0082
4	1,20	-95,7992	0,0000	-150,2687	177,6311
5	1,60	-41,4886	2,8541	-128,8533	500,7215
6	2,00	0,0000	46,2901	-130,9673	240,5594
7	2,40	0,0000	63,0517	-63,1502	67,0185
8	2,80	0,0000	46,6506	-235,2273	125,9479
9	3,20	-39,9144	2,9217	-468,6376	123,8678
10	3,60	-90,4157	0,0000	-145,2682	145,2682
11	4,00	-39,9144	2,9217	-123,8678	468,6376
12	4,40	0,0000	46,6506	-125,9479	235,2273
13	4,80	0,0000	63,0517	-67,0185	63,1502
14	5,20	0,0000	46,2901	-240,5594	130,9673
15	5,60	-41,4886	2,8541	-500,7215	128,8533
16	6,00	-95,7992	0,0000	-177,6311	150,2687
17	6,40	-53,9601	2,3542	-166,0082	453,2099



**QUADRILATERO**

Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 133 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

18	6,80	-5,7310	18,1556	-168,4272	201,6863
19	7,20	-0,8577	3,0332	-152,8751	20,9336

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 134 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

#### 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	0,34	4,2435	4,2435	1,1057	3,2226	6,9519	19,5688
3	0,67	8,7606	8,7606	4,6080	13,0471	14,7464	39,8530
4	1,01	13,5515	13,5515	10,7830	29,7074	23,3720	60,8436
5	1,34	18,6162	18,6162	19,9035	53,4348	32,8262	82,5388
6	1,68	23,9545	23,9545	32,2427	84,4607	43,1088	104,9384
7	2,01	29,5666	29,5666	48,0734	123,0166	54,2199	128,0425
8	2,35	35,4524	35,4524	67,6686	169,3339	66,1594	151,8511
9	2,68	41,6119	41,6119	91,3011	223,6439	78,9274	176,3641
10	3,02	48,0451	48,0451	119,2440	286,1780	92,5239	201,5816
11	3,35	54,7521	54,7521	151,7701	357,1677	106,9489	227,5036
12	3,69	61,7328	61,7328	189,1524	436,8442	122,2023	254,1300
13	4,02	68,9872	68,9872	231,6638	525,4391	138,2842	281,4609
14	4,36	76,5153	76,5153	279,5772	623,1836	155,1946	309,4962
15	4,69	84,3171	84,3171	333,1657	730,3092	172,9334	338,2360
16	5,03	92,3927	92,3927	392,7020	847,0472	191,5007	367,6803
17	5,36	100,7420	100,7420	458,4591	973,6291	210,8965	397,8290
18	5,70	109,3650	109,3650	530,7100	1110,2863	231,1207	428,6823
19	6,03	118,2617	118,2617	609,7276	1257,2501	252,1734	460,2399
20	6,37	127,4322	127,4322	695,7849	1414,7519	274,0546	492,5021
21	6,70	136,8764	136,8764	789,1428	1583,0139	296,6317	525,3667

#### 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	0,34	4,2435	4,2435	0,8424	0,8424	5,3476	5,3476
3	0,67	8,7606	8,7606	3,5114	3,5114	11,3434	11,3434
4	1,01	13,5515	13,5515	8,2183	8,2183	17,9785	17,9785
5	1,34	18,6162	18,6162	15,1719	15,1719	25,2509	25,2509
6	1,68	23,9545	23,9545	24,5812	24,5812	33,1606	33,1606
7	2,01	29,5666	29,5666	36,6551	36,6551	41,7076	41,7076
8	2,35	35,4524	35,4524	51,6025	51,6025	50,8919	50,8919
9	2,68	41,6119	41,6119	69,6322	69,6322	60,7134	60,7134
10	3,02	48,0451	48,0451	90,9532	90,9532	71,1723	71,1723
11	3,35	54,7521	54,7521	115,7742	115,7742	82,2684	82,2684
12	3,69	61,7328	61,7328	144,3043	144,3043	94,0018	94,0018
13	4,02	68,9872	68,9872	176,7522	176,7522	106,3725	106,3725
14	4,36	76,5153	76,5153	213,3269	213,3269	119,3804	119,3804
15	4,69	84,3171	84,3171	254,2373	254,2373	133,0257	133,0257
16	5,03	92,3927	92,3927	299,6922	299,6922	147,3082	147,3082
17	5,36	100,7420	100,7420	349,9004	349,9004	162,2280	162,2280
18	5,70	109,3650	109,3650	405,0710	405,0710	177,7852	177,7852
19	6,03	118,2617	118,2617	465,4128	465,4128	193,9795	193,9795
20	6,37	127,4322	127,4322	531,1346	531,1346	210,8112	210,8112
21	6,70	136,8764	136,8764	602,4363	602,4363	228,1782	228,1782

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opere d'arte minori: Opere di sostegno e dreni

Muri di controripa in c.a. in sx e dx da 4+369.71 a 4+561.50

Relazione tecnica e di calcolo

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0800	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 135 di 135
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	--------------------	----------------	-----------	-------------------------------

### Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

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

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	10.20
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Progin S.p.A.
Licenza	AIU5041GP

#### Affidabilità dei codici di calcolo

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

#### Modalità di presentazione dei risultati

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

#### Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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