



ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MINORI

MURI IN C.A.

MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000

Relazione di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 0 2 5 T R 2 0 2 M U 1 7 6 C L 0 7 4 B

Scala:

F						
E						
D						
C						
B	Ottobre 2011	Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11	L.BOCCUNI	R.CAPOCCHI	M. LITI	P. PAGLINI
A	Aprile 2011	EMISSIONE	L.BOCCUNI	A.TURSO	M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
Responsabile del procedimento:			Ing. MAURIZIO ARAMINI			

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:



Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



**S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO
ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19**

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE D'ARTE MINORI
MURI IN C.A.
MP. 17 – PARATIA DI PALI L = 61.40 m
RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

INDICE.....	2
1. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	3
1.1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
1.2. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI	3
1.2.1. CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	3
1.2.2. COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE	6
1.2.3. CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI IL CALCESTRUZZO.....	7
1.2.4. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE	7
1.3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	8
1.3.1. TERRENO DI RICOPRIMENTO	8
1.3.2. TERRENI DI FONDAZIONE.....	8
1.4. DATI SISMICI.....	9
2. ANALISI DEI CARICHI.....	11
2.1. COMBINAZIONI DI CARICO	11
3. I CODICI DI CALCOLO	13
3.1. CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE PAC10.0.....	13
3.1.1. SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO.....	13
3.1.2. VERIFICHE.....	14
4. ESAME DEI RISULTATI.....	15
4.1. PARATIA H = 3.35 M	15
4.2. PARATIA H = 4.55 M	39

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 2 di 62

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di stabilità e di resistenza relative alla paratia di micropali (berlinese) situata tra le progressive km 2+999.55 e km 3+060.00, all'imbocco lato Caltanissetta della galleria artificiale Rovetello. L'opera è costituita da pali Ø1200 posti ad interasse 1.5 m ed a monte della paratia si prevede una scarpatata.

Il calcolo viene condotto con l'ausilio del programma PAC (Analisi e Calcolo Paratie) della Aztec Informatica.

I parametri geotecnici di calcolo dei terreni e la posizione della falda sono assunti sulla base dei risultati delle indagini geologiche realizzate nella zona in cui verrà realizzata la paratia.

Nella relazione si descrivono i problemi di carattere strutturale che sono stati affrontati nel corso della progettazione e per essi vengono espone le modalità di soluzione e le procedure di calcolo adottate per la determinazione delle dimensioni delle strutture che la costituiscono.

1.1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La progettazione degli elementi strutturali è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente in merito al dimensionamento delle strutture e per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale. Le norme di riferimento adottate sono riportate nel seguito:

- Legge 5 Novembre 1971 n° 1086 – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- NTC2008 – Norme Tecniche delle costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008;
- Norma tecnica UNI ENV 1992-1-1:1993, Eurocodice 2 progettazione delle strutture di calcestruzzo;

1.2. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI

La forte importanza che riveste la durabilità dell'opera in funzione dell'ambiente nel quale è inserita, ha comportato una notevole attenzione alle tipologie dei materiali da utilizzarsi per le strutture da realizzare. Si consideri, infatti, che il manufatto deve garantire adeguati livelli di sicurezza anche dopo l'inevitabile degrado dei materiali dovuto al tempo ed all'azione degli agenti atmosferici.

Tutti questi elementi ambientali costituiscono dei fattori importantissimi dai quali non è possibile esulare quando si stabilisce la tipologia dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione dell'opera, pensando questo nell'ottica di garantire alla stessa una vita media compatibile con l'investimento che si sta realizzando.

1.2.1. Classi di esposizione ambientale

Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale sarà inserito. Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme delle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 3 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni termiche.

In funzione di tali azioni, sono individuate le classi e sottoclassi di esposizione ambientale del calcestruzzo elencate nella tabella che segue.

Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file: 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 4 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare .	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. **) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.						

Tabella 1.1: Classi di esposizione e requisiti minimi del calcestruzzo in funzione della classe d'esposizione

Le resistenze caratteristiche R_{ck} della tabella precedente sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati in funzione della classe di esposizione. Le miscele non presenteranno un contenuto di cemento minore di 280 kg/m^3 . La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento, risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Nelle normali condizioni operative, il rispetto dei valori di R_{ck} e a/c della tabella precedente può comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 5 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Facendo riferimento alla tabella precedente, la classe di esposizione attribuita ai vari elementi strutturali costituenti le opere è così riassunta:

- Pali paratia e cordolo di testa: XA2.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- Pali paratia e cordolo di testa : C 32/40 N/mm² ;

Acciaio per armature di tipo B450C

- Modulo di elasticità di Joung (E) 210.000 N/mm²;
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{y\ nom}$ 450 N/mm²;
- Tensione caratteristica di rottura $f_{t\ nom}$ 540 N/mm².

1.2.2. Copriferro minimo e copriferro nominale

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

I valori di copriferro minimo in funzione delle classi di esposizione del calcestruzzo sono indicati nella tabella seguente. La tolleranza di posizionamento delle armature h , nel caso di strutture gettate in opera, dovrà essere assunta pari ad almeno 5 mm. Considerando la classe di esposizione ambientale delle diverse sottostrutture, si dovranno adoperare dei copriferri adeguati come prescritti nella tavola delle prescrizioni dei materiali allegata al progetto. Nel caso specifico sarà considerato un valore pari a 5 cm.

Ambiente	Classe di esposizione	C_{min} (mm)
Molto secco	X0	15
Umido senza gelo	XC1 XC2	20
Debolmente aggressivo	XC3 XA1 XD1	
Umido con gelo	XF1	
Marino senza gelo	XS1 XD2	30
Moderatamente aggressivo	XA2 XC4	
Umido con gelo e sali disgelanti	XF3	
Marino con gelo	XF2	
Fortemente aggressivo	XS2 XS3XA3 XD3 XF4	40

Tabella 1.2 – Copriferro minimo e classi di esposizione

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 6 di 62

1.2.3. Caratteristiche dei costituenti il calcestruzzo

Cemento

Si utilizzeranno unicamente i cementi previsti nella Legge 26 Maggio 1965 n° 595 che soddisfino i requisiti di accettazione elencati nella norma UNI ENV 197/1, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Acqua d'impasto

L'acqua d'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma UNI EN 1008.

Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste nella parte 1^a della norma UNI 8520. Le caratteristiche dovranno essere verificate in fase di qualifica delle miscele. In caso di fornitura di aggregati da parte di azienda dotata di Sistema Qualità certificato secondo norme UNI EN ISO 9000, saranno ritenuti validi i risultati delle prove effettuate dall'Azienda.

1.2.4. Caratteristiche delle miscele

Granulometria degli aggregati

Per la realizzazione di calcestruzzi con classi di resistenza maggiori di C 12/15 gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione sarà dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Le classi granulometriche saranno mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento, teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Dimensione massima nominale dell'aggregato

La massima dimensione nominale dell'aggregato è scelta in funzione dei valori di copriferro ed interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera utilizzati per la compattazione dei getti; come previsto nel punto 5.4. della norma UNI 9858, la dimensione massima nominale dell'aggregato non dovrà essere maggiore:

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 7 di 62

- di un quarto della dimensione minima dell'elemento strutturale;
- della distanza tra le singole barre di armatura o tra gruppi di barre d'armatura (interfero) diminuita di 5 mm;
- di 1,3 volte lo spessore del copriferro che vale 30 mm.

Dalla analisi dei dati citati si evince che la massima dimensione dell'inerte non potrà superare i 40 mm di diametro.

Rapporto acqua/cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla norma UNI 8520 parti 13^a e 16^a per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto. Facendo riferimento inoltre alla classe di esposizione ambientale, il rapporto acqua cemento non potrà superare il valore $a/c = 0,60$.

1.3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

In questo paragrafo, sono indicate le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni in sito e di riporto per la realizzazione del rilevato stradale (utilizzati per la determinazione della spinta agente sulle strutture).

1.3.1. Terreno di ricoprimento

▶ Peso di volume del terreno.....	19,00	kN/m ³
▶ Peso di volume saturo del terreno.....	20,00	kN/m ³
▶ Angolo di attrito interno.....	35°	
▶ Angolo di attrito terra- muro.....	23.33°	
▶ Coesione	0.00	Mpa

1.3.2. Terreni di fondazione

I terreni di fondazione interessanti l'opera possono essere caratterizzati con i parametri seguenti:

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 8 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Profondità (m)	Litotipo	Parametri Geotecnici
0.00 ÷ 7.00	<u>Complesso argilloso sommitale – AL1:</u> argilla limo - sabbiosa alterata, plastica	$\gamma = 1.80 \text{ T/mc}$
		$C_u = 0.4 \text{ Kg/cmq}$
		$c' = 0.1 \text{ Kg/cmq}$
		$\varphi' = 17.4^\circ$
7.0 ÷ 15.00	<u>Complesso argilloso intermedio – AL2:</u> argilla limo- sabbiosa di colore grigio az- zuro consistente a tratti scagliosa.	$\gamma = 1.88 \text{ T/mc}$
		$C_u = 1.10 \text{ Kg/cmq}$
		$c' = 0.24 \text{ Kg/cmq}$
		$\varphi' = 21^\circ$
15.00 ÷ in prof.	<u>Complesso argilloso profondo – AL3:</u> argilla limo- sabbiosa di colore grigio az- zuro consistente a tratti scagliosa.	$\gamma = 1.92 \text{ T/mc}$
		$C_u = 1.19 \text{ Kg/cmq}$
		$c' = 0.34 \text{ Kg/cmq}$
		$\varphi' = 16.9^\circ$

Per il calcolo della resistenza caratteristica dei pali di fondazioni profonde, occorre utilizzare i fattori di correlazione desumibili dalla tabella 6.4.IV allegata al D.M. 14/01/2008 di seguito riportata, in funzione dei sondaggi eseguiti.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>=10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tab. 6.4.IV

(n.10 sondaggi utilizzati per il calcolo dei parametri AL1-AL2-AL3, n.1 sondaggio per il calcolo dei parametri CL2)

1.4. DATI SISMICI

DATI SISMICI DI CALCOLO

VITA NOMINALE:

VN = 100 anni

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

CLASSE D'USO: IV

COEFFICIENTE D'USO 2.00

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Risposta sismica locale	
Categoria di sottosuolo B <input type="button" value="info"/>	$S_B = 1.200$ <input type="button" value="info"/>
Categoria topografica T1 <input type="button" value="info"/>	$C_c = 1.247$ <input type="button" value="info"/>
	$h/H = 0.000$ <input type="button" value="info"/>
<small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>	
Compon. orizzontale	
<input type="radio"/> Spettro di progetto elastico (SLE)	Smorzamento ξ (%) 5 <input type="button" value="info"/>
<input checked="" type="radio"/> Spettro di progetto inelastico (SLU)	Fattore q_0 1 <input type="button" value="info"/>
	Regol. in altezza no <input type="button" value="info"/>
Compon. verticale	
Spettro di progetto	Fattore q 1 <input type="button" value="info"/>
	$\eta = 1.000$ <input type="button" value="info"/>

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 9 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 1.3: Categorie di sottosuolo

PARAMETRI SPETTRO DI RISPOSTA

Per la verifica sismica delle strutture si prende in considerazione lo stato limite ultimo di salvaguardia della Vita (SLV).

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_d	0.108 g
F_o	2.748
T_C^*	0.535 s
S_S	1.200
C_C	1.247
S_T	1.000
q	0.800

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.250
T_B	0.222 s
T_C	0.667 s
T_D	2.033 s

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 10 di 62

2. ANALISI DEI CARICHI

I carichi a cui è soggetta la paratia sono:

- Pesì propri della struttura e del ricoprimento;
- Spinte statiche del terreno;
- Incremento di spinta dovuto al sisma;
- Forze inerziale dovuta alla massa della struttura e dei permanenti.

2.1. COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano i coefficienti parziali di sicurezza per le azioni definite nel capitolo 6 associata alla progettazione geotecnica.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{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.

Di seguito si riportano invece i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 11 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Le verifiche vengono condotte definendo diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definite per le azioni (A1 e A2) e per i parametri geotecnici (M1 e M2).

Nell'approccio 1 sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Restano pertanto definite le seguenti 2 combinazioni di carico per l'approccio 1:

- A1-M1: Spinta terreno+Sisma
- A2-M2: Spinta terreno+Sisma

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 12 di 62

3. I CODICI DI CALCOLO

3.1. CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE PAC10.0

Il programma **PAC10.0**® è dedicato all'analisi e al calcolo di paratie. La versione del programma utilizzata è la Rel. 10.07a del 2010, distribuita dalla società AZTEC, nella forma originale commercializzata senza alcuna modifica apportata da parte dell'utente.

3.1.1. Schematizzazione di calcolo

Partendo dalle caratteristiche meccaniche del terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti, il programma esegue le verifiche dei diaframmi considerando tratti di lunghezza unitaria, restituendo le armature necessarie per metro lineare di opera.

Il calcolo della spinta attiva esercitata dal terrapieno a ridosso del muro, è stato condotto utilizzando il metodo di Culmann, noto anche come "metodo del cuneo di tentativo".

Il metodo in questione considera una superficie di rottura del terrapieno di tipo piano. Il valore della spinta viene determinato per iterazioni successive come segue:

- si impone una superficie di rottura inclinata di un angolo arbitrario ρ 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 agenti sulla superficie del terreno, siano essi concentrati che distribuiti, resistenza per attrito R e per coesione c lungo la superficie di rottura e resistenza per coesione lungo la parete di contatto terra muro A ;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava quindi il valore della spinta S sulla parete, inclinata dell'angolo d'attrito terreno-muro δ rispetto alla normale alla parete.

Per determinare il punto di applicazione della spinta, i passi elementari su esposti vengono applicati discretizzando l'altezza del muro in tanti tratti di ampiezza dz . In corrispondenza di ogni ordinata z_i , si determina il cuneo di rottura e la spinta elementare S_i , ottenendo quindi la distribuzione della spinta $S(z)$ lungo l'altezza della parete. Sulla base della distribuzione delle spinte lungo l'altezza della parete, è possibile determinare la pressione ad una generica profondità z , rispetto alla sommità della parete ponendo:

$$\sigma(z) = \frac{dS}{dz}$$

Noto quindi il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta. Inoltre dal diagramma delle pressioni è facile ricavare anche l'andamento delle sollecitazioni lungo la parete.

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 13 di 62

3.1.2. Verifiche

Le verifiche vengono condotte tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 14 di 62

4. ESAME DEI RISULTATI

4.1. PARATIA H = 3.35 M

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	3.35	[m]
Profondità di infissione	9.15	[m]
Altezza totale della paratia	12.50	[m]
Lunghezza paratia	20.00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.50	[m]
Diametro dei pali	1.2000	[m]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	0.65	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo

Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [m]

H Altezza della sezione del cordolo espresso in [m]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [mq]

W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [m³]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0.00	Calcestruzzo	1.6000	1.5000	--	--

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 15 di 62

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, 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 [°]

Profilo di monte

N	X	Y	A
2	2.00	0.00	0.00
3	9.50	5.00	33.69
4	11.50	5.00	0.00
5	14.00	6.60	32.62
6	50.00	6.60	0.00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10.00	-3.35	0.00
2	0.00	-3.35	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [MPa]

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 16 di 62

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	AL1	18.0000	19.0000	17.40	17.40	0.0100
2	AL2	18.8000	19.8000	21.00	21.00	0.0240
3	AL3	19.2000	20.2000	16.90	16.90	0.0340

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	1.00	0.00	0.37	AL1
2	1.00	0.00	1.01	AL2
3	1.00	0.00	1.22	AL2
4	1.00	0.00	1.43	AL2
5	1.00	0.00	1.64	AL2
6	1.00	0.00	1.85	AL2
7	1.00	0.00	2.06	AL2
8	1.00	0.00	2.27	AL2
9	1.00	0.00	2.34	AL3
10	1.00	0.00	2.51	AL3
11	1.00	0.00	2.67	AL3
12	1.00	0.00	2.84	AL3
13	1.00	0.00	3.00	AL3
14	1.00	0.00	3.17	AL3
15	2.00	0.00	3.42	AL3
16	2.00	0.00	3.75	AL3

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 17 di 62

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 0.00 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 3.35 [m]

Regime delle pressioni neutre: **Idrostatico**

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 3 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 4 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 5 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 7

Spinta terreno

Combinazione n° 8

Spinta terreno

Combinazione n° 9

Spinta terreno

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 18 di 62

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 19 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Bishop

Impostazioni analisi sismica

Combinazioni/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	1.060	1.060
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.748	2.748
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.535	0.535
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.000	1.000
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.062	0.062
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.450	0.450
Coefficiente di intensità sismica (percento)	5.835	5.835
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.50	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Rettangolare

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 20 di 62

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [MPa]

σ_{am} sigma attiva da monte

σ_{av} sigma attiva da valle

σ_{pm} sigma passiva da monte

σ_{pv} sigma passiva da valle

δ_a inclinazione spinta attiva espressa in [°]

δ_p inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Combinazione n° 1

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.15225	0.00000	21.0	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.31576	0.06914	21.0	0.0
61	5.02	0.03932	0.00000	0.47441	0.12601	21.0	0.0
81	6.73	0.06620	0.00000	0.63915	0.18390	21.0	0.0
101	8.32	0.07640	0.00000	0.62504	0.23621	16.9	0.0
121	10.02	0.09347	0.00737	0.76747	0.28768	16.9	0.0
141	11.80	0.11047	0.02099	0.80140	0.34043	16.9	0.0

Combinazione n° 2

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02030	0.00000	14.1	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.09290	0.00000	17.1	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.18608	0.05144	17.1	0.0
61	5.02	0.04215	0.00000	0.27098	0.08243	17.1	0.0
81	6.73	0.05346	0.00000	0.35893	0.11384	17.1	0.0
101	8.32	0.05814	0.00000	0.42263	0.14984	13.7	0.0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 21 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

121	10.02	0.07092	0.00000	0.43479	0.17875	13.7	0.0
141	11.80	0.08312	0.00887	0.51510	0.20839	13.7	0.0

Combinazione n° 3

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.12815	0.00000	21.0	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.25456	0.06914	21.0	0.0
61	5.02	0.02022	0.00000	0.36746	0.10507	21.0	0.0
81	6.73	0.03846	0.00000	0.48398	0.14138	21.0	0.0
101	8.32	0.03952	0.00000	0.47393	0.18239	16.9	0.0
121	10.02	0.05073	0.00000	0.57818	0.21490	16.9	0.0
141	11.80	0.06198	0.00000	0.58300	0.24823	16.9	0.0

Combinazione n° 4

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.12815	0.00000	21.0	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.25456	0.06914	21.0	0.0
61	5.02	0.02022	0.00000	0.36746	0.10507	21.0	0.0
81	6.73	0.03846	0.00000	0.48398	0.14138	21.0	0.0
101	8.32	0.03952	0.00000	0.47393	0.18239	16.9	0.0
121	10.02	0.05073	0.00000	0.57818	0.21490	16.9	0.0
141	11.80	0.06198	0.00000	0.58300	0.24823	16.9	0.0

Combinazione n° 5

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00568	0.00000	0.02030	0.00000	14.1	0.0
21	1.77	0.00568	0.00000	0.09290	0.00000	17.1	0.0
41	3.35	0.00568	0.00000	0.18608	0.05144	17.1	0.0
61	5.02	0.04215	0.00000	0.27098	0.08243	17.1	0.0
81	6.73	0.05346	0.00000	0.35893	0.11384	17.1	0.0
101	8.32	0.05814	0.00000	0.42263	0.14984	13.7	0.0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 22 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

121	10.02	0.07092	0.00000	0.43479	0.17875	13.7	0.0
141	11.80	0.08312	0.00887	0.51510	0.20839	13.7	0.0

Combinazione n° 6

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00369	0.00000	0.02030	0.00000	14.1	0.0
21	1.77	0.00369	0.00000	0.09290	0.00000	17.1	0.0
41	3.35	0.00369	0.00000	0.18608	0.05144	17.1	0.0
61	5.02	0.04215	0.00000	0.27098	0.08243	17.1	0.0
81	6.73	0.05346	0.00000	0.35893	0.11384	17.1	0.0
101	8.32	0.05814	0.00000	0.42263	0.14984	13.7	0.0
121	10.02	0.07092	0.00000	0.43479	0.17875	13.7	0.0
141	11.80	0.08312	0.00887	0.51510	0.20839	13.7	0.0

Combinazione n° 7

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.12815	0.00000	21.0	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.25456	0.06914	21.0	0.0
61	5.02	0.02022	0.00000	0.36746	0.10507	21.0	0.0
81	6.73	0.03846	0.00000	0.48398	0.14138	21.0	0.0
101	8.32	0.03952	0.00000	0.47393	0.18239	16.9	0.0
121	10.02	0.05073	0.00000	0.57818	0.21490	16.9	0.0
141	11.80	0.06198	0.00000	0.58300	0.24823	16.9	0.0

Combinazione n° 8

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.12815	0.00000	21.0	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.25456	0.06914	21.0	0.0
61	5.02	0.02022	0.00000	0.36746	0.10507	21.0	0.0
81	6.73	0.03846	0.00000	0.48398	0.14138	21.0	0.0
101	8.32	0.03952	0.00000	0.47393	0.18239	16.9	0.0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 23 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

121	10.02	0.05073	0.00000	0.57818	0.21490	16.9	0.0
141	11.80	0.06198	0.00000	0.58300	0.24823	16.9	0.0

Combinazione n° 9

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.77	0.00000	0.00000	0.12815	0.00000	21.0	0.0
41	3.35	0.00000	0.00000	0.25456	0.06914	21.0	0.0
61	5.02	0.02022	0.00000	0.36746	0.10507	21.0	0.0
81	6.73	0.03846	0.00000	0.48398	0.14138	21.0	0.0
101	8.32	0.03952	0.00000	0.47393	0.18239	16.9	0.0
121	10.02	0.05073	0.00000	0.57818	0.21490	16.9	0.0
141	11.80	0.06198	0.00000	0.58300	0.24823	16.9	0.0

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 17 elementi fuori terra e 46 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3.35	[m]
Profondità di infissione	9.15	[m]
Altezza totale della paratia	12.50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Pa Spinta attiva, espressa in [kN]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 24 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

Pw Spinta della falda, espressa in [kN]

Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]

Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	0.00	0.00	--	--	355.63	7.04	-355.63	7.04	0.00	0.00
2	[A2-M2]	0.00	0.00	--	--	355.63	7.04	-359.15	7.10	3.52	12.30
3	[A1-M1] S	0.00	0.00	0.00	1.68	355.63	7.04	-355.63	7.04	0.00	0.00
4	[A1-M1] S	0.00	0.00	0.00	1.68	355.63	7.04	-355.63	7.04	0.00	0.00
5	[A2-M2] S	-0.76	1.80	19.02	1.68	355.63	7.04	-411.94	7.27	38.04	12.05
6	[A2-M2] S	-0.49	1.80	12.36	1.68	355.63	7.04	-390.35	7.18	22.86	12.11
7	[SLEQ]	0.00	0.00	--	--	355.63	7.04	-355.63	7.04	0.00	0.00
8	[SLEF]	0.00	0.00	--	--	355.63	7.04	-355.63	7.04	0.00	0.00
9	[SLER]	0.00	0.00	--	--	355.63	7.04	-355.63	7.04	0.00	0.00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]

Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]

Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]

Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
3	[A1-M1] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
4	[A1-M1] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
5	[A2-M2] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
6	[A2-M2] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
7	[SLEQ]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
8	[SLEF]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
9	[SLER]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 25 di 62

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]

P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]

C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]

MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]

R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	3.35	4.20	-5.80	0.00	25.47	1150.40
2	[A2-M2]	3.35	7.40	11.89	42.55	36.96	878.85
3	[A1-M1] S	3.35	4.20	-5.80	0.00	29.16	1150.40
4	[A1-M1] S	3.35	4.20	-5.80	0.00	29.16	1150.40
5	[A2-M2] S	3.35	8.40	11.13	55.32	35.21	878.85
6	[A2-M2] S	3.35	8.00	11.29	51.06	34.28	878.85
7	[SLEQ]	3.35	4.20	-5.80	0.00	29.16	1150.40
8	[SLEF]	3.35	4.20	-5.80	0.00	29.16	1150.40
9	[SLER]	3.35	4.20	-5.80	0.00	29.16	1150.40

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]

N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)

T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	131.12	6.00	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-33.44	9.20	0.00	0.00	MIN
2	[A2-M2]	200.62	7.20	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 26 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

--	--	0.00	0.00	-58.80	9.80	0.00	0.00	MIN
3	[A1-M1] S	131.12	6.00	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-33.44	9.20	0.00	0.00	MIN
4	[A1-M1] S	131.12	6.00	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-33.44	9.20	0.00	0.00	MIN
5	[A2-M2] S	307.26	7.60	73.29	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	12.50	-100.78	10.20	0.00	0.00	MIN
6	[A2-M2] S	268.82	7.40	66.89	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-84.67	10.00	0.00	0.00	MIN
7	[SLEQ]	131.12	6.00	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-33.44	9.20	0.00	0.00	MIN
8	[SLEF]	131.12	6.00	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-33.44	9.20	0.00	0.00	MIN
9	[SLER]	131.12	6.00	55.03	3.35	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-33.44	9.20	0.00	0.00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [m] positivo verso valle

V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [m] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
1	[A1-M1]	0.006206	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
2	[A2-M2]	0.011317	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.000384	12.50	0.000000	0.00	MIN
3	[A1-M1] S	0.006206	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
4	[A1-M1] S	0.006206	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
5	[A2-M2] S	0.021729	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.001915	12.50	0.000000	0.00	MIN

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 27 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

6	[A2-M2] S	0.017419	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.001297	12.50	0.000000	0.00	MIN
7	[SLEQ]	0.006206	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
8	[SLEF]	0.006206	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
9	[SLER]	0.006206	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _C , Y _C)	R	(X _V , Y _V)	(X _M , Y _M)	FS
2	[A2-M2]	(0.00; 11.25)	23.75	(-18.75; -3.33)	(23.30; 6.60)	1.61
5	[A2-M2] S	(0.00; 11.25)	23.75	(-18.75; -3.33)	(23.30; 6.60)	1.36
6	[A2-M2] S	(0.00; 11.25)	23.75	(-18.75; -3.33)	(23.30; 6.60)	1.36

Combinazione n° 6

Numero di strisce 50

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 28 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	8.4460	-50.50	-664.56	1.34	17.07	0.0192	0.0049	(0.00; 0.00)
2	24.9719	-47.37	-1873.39	1.26	17.07	0.0192	0.0145	(0.00; 0.00)
3	39.8197	-44.41	-2841.46	1.19	17.07	0.0192	0.0231	(0.00; 0.00)
4	53.2411	-41.60	-3604.25	1.14	17.07	0.0192	0.0309	(0.00; 0.00)
5	65.4213	-38.90	-4189.33	1.09	17.07	0.0192	0.0380	(0.00; 0.00)
6	76.5123	-36.31	-4619.50	1.06	15.37	0.0232	0.0445	(0.00; 0.00)
7	86.7571	-33.79	-4920.50	1.03	13.66	0.0272	0.0503	(0.00; 0.00)
8	96.1320	-31.35	-5100.39	1.00	13.66	0.0272	0.0557	(0.00; 0.00)
9	104.6597	-28.97	-5169.83	0.97	13.66	0.0272	0.0605	(0.00; 0.00)
10	112.3997	-26.65	-5140.84	0.95	13.66	0.0272	0.0649	(0.00; 0.00)
11	119.4011	-24.37	-5024.14	0.94	13.66	0.0272	0.0689	(0.00; 0.00)
12	125.7052	-22.13	-4829.43	0.92	13.66	0.0272	0.0725	(0.00; 0.00)
13	131.3463	-19.93	-4565.54	0.91	13.66	0.0272	0.0757	(0.00; 0.00)
14	136.3533	-17.76	-4240.66	0.89	13.66	0.0272	0.0786	(0.00; 0.00)
15	140.7503	-15.61	-3862.40	0.88	13.66	0.0272	0.0811	(0.00; 0.00)
16	144.5578	-13.49	-3437.96	0.88	13.66	0.0272	0.0833	(0.00; 0.00)
17	147.7925	-11.38	-2974.13	0.87	13.66	0.0272	0.0851	(0.00; 0.00)
18	150.4683	-9.29	-2477.43	0.86	13.66	0.0272	0.0866	(0.00; 0.00)
19	152.5962	-7.21	-1954.13	0.86	13.66	0.0272	0.0879	(0.00; 0.00)
20	154.1848	-5.15	-1410.34	0.86	13.66	0.0272	0.0888	(0.00; 0.00)
21	155.2404	-3.09	-852.00	0.85	13.66	0.0272	0.0894	(0.00; 0.00)
22	155.7672	-1.03	-284.96	0.85	13.66	0.0272	0.0897	(0.00; 0.00)

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 29 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

23	206.6649	1.00	369.24	0.83	13.66	0.0272	0.1225	(0.00; 0.00)
24	206.1742	3.01	1105.09	0.83	13.66	0.0272	0.1222	(0.00; 0.00)
25	206.6697	5.03	1846.25	0.84	13.66	0.0272	0.1217	(0.00; 0.00)
26	212.8236	7.05	2661.72	0.84	13.66	0.0272	0.1208	(0.00; 0.00)
27	219.1519	9.07	3523.98	0.84	13.66	0.0272	0.1196	(0.00; 0.00)
28	224.9709	11.11	4421.45	0.85	13.66	0.0272	0.1182	(0.00; 0.00)
29	230.2706	13.17	5348.46	0.85	13.66	0.0272	0.1164	(0.00; 0.00)
30	235.0389	15.24	6299.11	0.86	13.66	0.0272	0.1144	(0.00; 0.00)
31	239.2610	17.33	7267.26	0.87	13.66	0.0272	0.1120	(0.00; 0.00)
32	242.9190	19.45	8246.44	0.88	13.66	0.0272	0.1093	(0.00; 0.00)
33	245.9917	21.59	9229.83	0.89	13.66	0.0272	0.1062	(0.00; 0.00)
34	247.0383	23.77	10151.93	0.91	13.66	0.0272	0.1028	(0.00; 0.00)
35	241.2706	25.98	10777.14	0.93	13.66	0.0272	0.0990	(0.00; 0.00)
36	234.2364	28.24	11300.06	0.94	13.66	0.0272	0.0948	(0.00; 0.00)
37	231.6513	30.54	12003.26	0.97	13.66	0.0272	0.0902	(0.00; 0.00)
38	230.9772	32.90	12793.87	0.99	13.66	0.0272	0.0852	(0.00; 0.00)
39	229.3574	35.33	13523.95	1.02	15.37	0.0232	0.0797	(0.00; 0.00)
40	221.8346	37.83	13873.34	1.05	17.07	0.0192	0.0736	(0.00; 0.00)
41	210.6733	40.42	13928.45	1.09	17.07	0.0192	0.0669	(0.00; 0.00)
42	198.4172	43.11	13827.56	1.14	17.07	0.0192	0.0597	(0.00; 0.00)
43	184.9175	45.93	13548.04	1.20	17.07	0.0192	0.0516	(0.00; 0.00)
44	169.9770	48.90	13061.39	1.27	17.07	0.0192	0.0427	(0.00; 0.00)
45	153.3244	52.06	12330.39	1.35	17.07	0.0192	0.0328	(0.00; 0.00)
46	134.5692	55.46	11303.88	1.47	17.07	0.0192	0.0217	(0.00; 0.00)
47	113.2594	59.20	9919.76	1.62	15.57	0.0136	0.0089	(0.00; 0.00)
48	89.5326	63.40	8163.20	1.86	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)
49	61.3653	68.36	5816.56	2.26	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)
50	22.8267	74.73	2245.45	3.16	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)

Resistenza a taglio paratia= 0.0000 [kN]

$\Sigma W_i = 7827.6890$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1616.6513$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 2011.5110$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.25$

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 30 di 62

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	1.2000	[m]
Area della sezione trasversale	1.130973	[mq]
Copriferro	0.0500	[m]

L'armatura del palo è costituita da 12 ϕ 20($A_f=0.003770$ mq) longitudinali e staffe ϕ 12/0.200 m.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

M momento flettente espresso in [kNm]

N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)

Mumomento ultimo di riferimento espresso in [kNm]

Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]

FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	5.60	129.71	100.93	1056.56	822.14	5.29
2	[A2-M2]	6.80	199.09	122.56	966.11	594.74	3.15
3	[A1-M1] S	5.60	129.71	100.93	1056.56	822.14	5.29
4	[A1-M1] S	5.60	129.71	100.93	1056.56	822.14	5.29
5	[A2-M2] S	7.40	306.35	133.37	882.35	384.14	1.87
6	[A2-M2] S	7.20	267.70	129.77	903.82	438.13	2.19

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

τ_f tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresso in [MPa]

σ_{st} tensione nell'armatura trasversale, espresso in [MPa]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 31 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

n° Tipo	σ_c	Y(σ_c)	σ_f	Y(σ_f)	τ_c	Y(τ_c)	σ_{st}	Y(σ_{st})
7 [SLEQ]	2.801	5.80	102.199	5.60	0.117	3.35	82.822	3.35
8 [SLEF]	2.801	5.80	102.199	5.60	0.117	3.35	82.822	3.35
9 [SLER]	2.801	5.80	102.199	5.60	0.117	3.35	82.822	3.35

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]

M momento flettente, espresso in [kNm]

N sforzo normale, espresso in [kN] (positivo di compressione)

Mumomento ultimo di riferimento, espresso in [kNm]

Nu sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kN]

FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.00
5	[A2-M2] S	0.20	0.13	3.60	473.23	13144.94	2370.33
5	[A2-M2] S	0.40	0.56	7.21	992.60	12817.05	1155.60
5	[A2-M2] S	0.60	1.36	10.81	1530.33	12131.96	729.22
5	[A2-M2] S	0.80	2.63	14.42	1906.39	10469.36	471.97
5	[A2-M2] S	1.00	4.42	18.02	2153.26	8778.08	316.58
5	[A2-M2] S	1.20	6.83	21.63	2267.26	7181.96	215.84
5	[A2-M2] S	1.40	9.92	25.23	2207.22	5613.10	144.60
5	[A2-M2] S	1.60	13.78	28.84	2037.11	4262.15	96.07
5	[A2-M2] S	1.80	18.49	32.44	1830.14	3211.37	64.34
5	[A2-M2] S	2.00	24.12	36.05	1642.80	2455.40	44.28
5	[A2-M2] S	2.20	30.75	39.65	1476.03	1903.45	31.20
5	[A2-M2] S	2.40	38.46	43.26	1320.14	1484.82	22.31
5	[A2-M2] S	2.60	47.33	46.86	1203.53	1191.66	16.53
5	[A2-M2] S	2.80	57.43	50.47	1121.51	985.43	12.69
5	[A2-M2] S	3.00	68.86	54.07	1060.92	833.10	10.02
5	[A2-M2] S	3.18	79.99	57.22	1019.71	729.50	8.29
5	[A2-M2] S	3.35	92.24	60.38	986.35	645.62	6.95

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 32 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

5 [A2-M2] S	3.57	107.81	64.28	956.36	570.22	5.77
5 [A2-M2] S	3.78	122.30	68.19	937.44	522.66	4.98
5 [A2-M2] S	4.00	137.01	72.09	922.66	485.50	4.38
5 [A2-M2] S	4.20	150.67	75.70	911.74	458.05	3.93
5 [A2-M2] S	4.40	164.34	79.30	902.84	435.66	3.57
5 [A2-M2] S	4.60	177.92	82.91	895.54	417.31	3.27
5 [A2-M2] S	4.80	191.31	86.51	889.55	402.25	3.02
5 [A2-M2] S	5.00	204.44	90.12	884.66	389.96	2.81
5 [A2-M2] S	5.20	217.20	93.72	880.71	380.03	2.64
5 [A2-M2] S	5.40	229.50	97.33	877.58	372.16	2.49
5 [A2-M2] S	5.60	241.25	100.93	875.19	366.14	2.36
5 [A2-M2] S	5.80	252.36	104.53	873.47	361.82	2.25
5 [A2-M2] S	6.00	262.72	108.14	872.38	359.08	2.16
5 [A2-M2] S	6.20	272.25	111.74	871.90	357.87	2.08
5 [A2-M2] S	6.40	280.84	115.35	872.01	358.16	2.02
5 [A2-M2] S	6.60	288.40	118.95	872.73	359.97	1.97
5 [A2-M2] S	6.80	294.83	122.56	874.08	363.35	1.93
5 [A2-M2] S	7.00	300.03	126.16	876.08	368.40	1.90
5 [A2-M2] S	7.20	303.90	129.77	878.81	375.26	1.88
5 [A2-M2] S	7.40	306.35	133.37	882.35	384.14	1.87
5 [A2-M2] S	7.60	307.26	136.98	886.80	395.33	1.88
5 [A2-M2] S	7.80	306.55	140.58	892.32	409.21	1.89
5 [A2-M2] S	8.00	304.11	144.19	899.11	426.29	1.92
5 [A2-M2] S	8.20	299.63	147.79	907.62	447.68	1.97
5 [A2-M2] S	8.40	292.77	151.40	918.47	474.95	2.04
5 [A2-M2] S	8.60	283.46	155.00	932.33	509.81	2.14
5 [A2-M2] S	8.80	271.99	158.60	949.86	553.88	2.27
5 [A2-M2] S	9.00	258.66	162.21	972.00	609.56	2.44
5 [A2-M2] S	9.20	243.65	165.81	1000.32	680.76	2.67
5 [A2-M2] S	9.40	227.17	169.42	1037.22	773.53	2.97
5 [A2-M2] S	9.60	209.53	173.02	1086.37	897.10	3.37
5 [A2-M2] S	9.80	191.01	176.63	1153.97	1067.06	3.93
5 [A2-M2] S	10.00	171.93	180.23	1251.28	1311.71	4.73
5 [A2-M2] S	10.20	152.51	183.84	1401.49	1689.37	5.97
5 [A2-M2] S	10.40	133.01	187.44	1568.96	2210.99	7.67
5 [A2-M2] S	10.60	113.74	191.05	1781.00	2991.58	10.18

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 33 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

5	[A2-M2] S	10.80	94.99	194.65	2011.59	4122.12	13.77
5	[A2-M2] S	11.00	77.07	198.26	2212.40	5691.48	18.66
5	[A2-M2] S	11.20	60.26	201.86	2249.36	7535.02	24.26
5	[A2-M2] S	11.40	44.88	205.47	2067.37	9465.22	29.94
5	[A2-M2] S	11.60	31.23	209.07	1707.36	11429.27	35.53
5	[A2-M2] S	11.80	19.64	212.67	1172.85	12703.25	38.83
5	[A2-M2] S	12.00	10.40	216.28	627.36	13047.64	39.21
5	[A2-M2] S	12.17	4.77	219.28	288.46	13261.60	39.31
5	[A2-M2] S	12.33	1.24	222.29	74.73	13396.53	39.17

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione, espressa in [m]

σ_c tensione massima nel calcestruzzo, espressa in [MPa]

σ_f tensione massima nei ferri longitudinali, espressa in [MPa]

τ_c tensione tangenziale massima nel calcestruzzo, espressa in [MPa]

σ_{st} tensione massima nei ferri trasversali, espressa in [MPa]

Y	σ_c n° - Tipo	σ_f n° - Tipo	τ_c n° - Tipo	σ_{st} n° - Tipo
0.00	0.0001 - [A1-M1]	0.0001 - [A1-M1]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
0.20	0.0057 - [SLEQ]	0.0727 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.2497 - [SLEQ]
0.40	0.0107 - [SLEQ]	0.1537 - [SLEQ]	0.0017 - [SLEQ]	0.9967 - [SLEQ]
0.60	0.0177 - [SLEQ]	0.2527 - [SLEQ]	0.0037 - [SLEQ]	2.2417 - [SLEQ]
0.80	0.0267 - [SLEQ]	0.3767 - [SLEQ]	0.0067 - [SLEQ]	3.9837 - [SLEQ]
1.00	0.0377 - [SLEQ]	0.5357 - [SLEQ]	0.0097 - [SLEQ]	6.2247 - [SLEQ]
1.20	0.0527 - [SLEQ]	0.7387 - [SLEQ]	0.0137 - [SLEQ]	8.9637 - [SLEQ]
1.40	0.0717 - [SLEQ]	0.9967 - [SLEQ]	0.0187 - [SLEQ]	12.7477 - [SLEQ]
1.60	0.0987 - [SLEQ]	1.3527 - [SLEQ]	0.0277 - [SLEQ]	18.9297 - [SLEQ]
1.80	0.1377 - [SLEQ]	1.8747 - [SLEQ]	0.0397 - [SLEQ]	27.3957 - [SLEQ]
2.00	0.1987 - [SLEQ]	2.6427 - [SLEQ]	0.0527 - [SLEQ]	36.9697 - [SLEQ]
2.20	0.2847 - [SLEQ]	4.3017 - [SLEQ]	0.0647 - [SLEQ]	45.1797 - [SLEQ]
2.40	0.3967 - [SLEQ]	7.7917 - [SLEQ]	0.0737 - [SLEQ]	51.4527 - [SLEQ]
2.60	0.5357 - [SLEQ]	12.6027 - [SLEQ]	0.0817 - [SLEQ]	57.0687 - [SLEQ]
2.80	0.6987 - [SLEQ]	18.7547 - [SLEQ]	0.0897 - [SLEQ]	62.9887 - [SLEQ]
3.00	0.8877 - [SLEQ]	26.2797 - [SLEQ]	0.0987 - [SLEQ]	69.5627 - [SLEQ]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 34 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

3.18	1.0757 - [SLEQ]	34.0327 - [SLEQ]	0.1077 - [SLEQ]	75.9157 - [SLEQ]
3.35	1.2857 - [SLEQ]	42.9257 - [SLEQ]	0.1177 - [SLEQ]	82.8227 - [SLEQ]
3.57	1.5447 - [SLEQ]	54.0457 - [SLEQ]	0.0927 - [SLEQ]	65.1607 - [SLEQ]
3.78	1.7787 - [SLEQ]	64.0137 - [SLEQ]	0.0827 - [SLEQ]	58.0317 - [SLEQ]
4.00	1.9887 - [SLEQ]	72.9007 - [SLEQ]	0.0737 - [SLEQ]	51.3077 - [SLEQ]
4.20	2.1607 - [SLEQ]	80.0487 - [SLEQ]	0.0627 - [SLEQ]	44.0437 - [SLEQ]
4.40	2.3097 - [SLEQ]	86.0827 - [SLEQ]	0.0537 - [SLEQ]	37.4177 - [SLEQ]
4.60	2.4377 - [SLEQ]	91.0857 - [SLEQ]	0.0447 - [SLEQ]	31.3737 - [SLEQ]
4.80	2.5457 - [SLEQ]	95.1407 - [SLEQ]	0.0377 - [SLEQ]	25.8767 - [SLEQ]
5.00	2.6357 - [SLEQ]	98.3277 - [SLEQ]	0.0287 - [SLEQ]	19.9657 - [SLEQ]
5.20	2.7057 - [SLEQ]	100.5807 - [SLEQ]	0.0197 - [SLEQ]	13.6837 - [SLEQ]
5.40	2.7557 - [SLEQ]	101.8417 - [SLEQ]	0.0117 - [SLEQ]	7.9397 - [SLEQ]
5.60	2.7877 - [SLEQ]	102.1997 - [SLEQ]	0.0047 - [SLEQ]	2.7137 - [SLEQ]
5.80	2.8017 - [SLEQ]	101.7387 - [SLEQ]	0.0037 - [SLEQ]	2.0157 - [SLEQ]
6.00	2.7997 - [SLEQ]	100.5437 - [SLEQ]	0.0107 - [SLEQ]	7.0537 - [SLEQ]
6.20	2.7817 - [SLEQ]	98.5767 - [SLEQ]	0.0177 - [SLEQ]	12.3717 - [SLEQ]
6.40	2.7467 - [SLEQ]	95.8037 - [SLEQ]	0.0247 - [SLEQ]	17.2067 - [SLEQ]
6.60	2.6957 - [SLEQ]	92.3147 - [SLEQ]	0.0317 - [SLEQ]	21.5797 - [SLEQ]
6.80	2.6307 - [SLEQ]	88.1977 - [SLEQ]	0.0367 - [SLEQ]	25.5137 - [SLEQ]
7.00	2.5537 - [SLEQ]	83.5407 - [SLEQ]	0.0427 - [SLEQ]	29.7087 - [SLEQ]
7.20	2.4627 - [SLEQ]	78.3297 - [SLEQ]	0.0487 - [SLEQ]	34.1627 - [SLEQ]
7.40	2.3587 - [SLEQ]	72.5607 - [SLEQ]	0.0547 - [SLEQ]	38.2427 - [SLEQ]
7.60	2.2427 - [SLEQ]	66.3337 - [SLEQ]	0.0597 - [SLEQ]	41.9887 - [SLEQ]
7.80	2.1157 - [SLEQ]	59.7517 - [SLEQ]	0.0647 - [SLEQ]	45.4397 - [SLEQ]
8.00	1.9797 - [SLEQ]	52.9237 - [SLEQ]	0.0697 - [SLEQ]	48.8477 - [SLEQ]
8.20	1.8347 - [SLEQ]	45.9417 - [SLEQ]	0.0747 - [SLEQ]	52.2447 - [SLEQ]
8.40	1.6837 - [SLEQ]	38.9187 - [SLEQ]	0.0787 - [SLEQ]	55.4367 - [SLEQ]
8.60	1.5277 - [SLEQ]	32.0197 - [SLEQ]	0.0837 - [SLEQ]	58.3717 - [SLEQ]
8.80	1.3707 - [SLEQ]	25.4397 - [SLEQ]	0.0867 - [SLEQ]	60.8617 - [SLEQ]
9.00	1.2147 - [SLEQ]	19.4017 - [SLEQ]	0.0897 - [SLEQ]	62.9497 - [SLEQ]
9.20	1.0657 - [SLEQ]	14.1037 - [SLEQ]	0.0907 - [SLEQ]	63.9817 - [SLEQ]
9.40	0.9287 - [SLEQ]	12.4167 - [SLEQ]	0.0897 - [SLEQ]	62.8357 - [SLEQ]
9.60	0.8097 - [SLEQ]	10.9597 - [SLEQ]	0.0847 - [SLEQ]	59.3417 - [SLEQ]
9.80	0.7117 - [SLEQ]	9.7337 - [SLEQ]	0.0777 - [SLEQ]	54.1567 - [SLEQ]
10.00	0.6327 - [SLEQ]	8.7407 - [SLEQ]	0.0697 - [SLEQ]	48.5977 - [SLEQ]
10.20	0.5707 - [SLEQ]	7.9487 - [SLEQ]	0.0617 - [SLEQ]	43.3547 - [SLEQ]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 35 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

10.400.5217 - [SLEQ]	7.3157 - [SLEQ]	0.0557 - [SLEQ]	38.5847 - [SLEQ]
10.600.4817 - [SLEQ]	6.7937 - [SLEQ]	0.0507 - [SLEQ]	35.3217 - [SLEQ]
10.800.4447 - [SLEQ]	6.3187 - [SLEQ]	0.0477 - [SLEQ]	33.0397 - [SLEQ]
11.000.4117 - [SLEQ]	5.8827 - [SLEQ]	0.0437 - [SLEQ]	30.5667 - [SLEQ]
11.200.3807 - [SLEQ]	5.4907 - [SLEQ]	0.0397 - [SLEQ]	27.8807 - [SLEQ]
11.400.3547 - [SLEQ]	5.1457 - [SLEQ]	0.0357 - [SLEQ]	24.8097 - [SLEQ]
11.600.3317 - [SLEQ]	4.8547 - [SLEQ]	0.0307 - [SLEQ]	21.3527 - [SLEQ]
11.800.3137 - [SLEQ]	4.6237 - [SLEQ]	0.0257 - [SLEQ]	17.5117 - [SLEQ]
12.000.3007 - [SLEQ]	4.4607 - [SLEQ]	0.0187 - [SLEQ]	13.0437 - [SLEQ]
12.170.2937 - [SLEQ]	4.3797 - [SLEQ]	0.0137 - [SLEQ]	9.4417 - [SLEQ]
12.330.2907 - [SLEQ]	4.3507 - [SLEQ]	0.0087 - [SLEQ]	5.5587 - [SLEQ]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30.0$ [MPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450.0$ [MPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.60$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 135$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0014$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file: 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 36 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\varepsilon_c \varepsilon_{ck} - \varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

Tratto armatura 1

Nr	N _u	M _u
1	-1475.1826	0.0000
2	0.0000	729.5559
3	1792.4944	1442.5105
4	2688.7416	1713.3026
5	3584.9888	1913.6643
6	4481.2361	2077.0544
7	5377.4833	2191.6632
8	6273.7305	2250.8479
9	7169.9777	2267.8695
10	8066.2249	2222.4141
11	8962.4721	2135.3476
12	9858.7193	2014.1544
13	10754.9665	1855.9915

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 37 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

14	11651.2137	1658.4423
15	12547.4610	1419.6079
16	13443.7082	0.0000
17	13443.7082	0.0000
18	12547.4610	-1419.6079
19	11651.2137	-1658.4423
20	10754.9665	-1855.9915
21	9858.7193	-2014.1544
22	8962.4721	-2135.3476
23	8066.2249	-2222.4141
24	7169.9777	-2267.8695
25	6273.7305	-2250.8479
26	5377.4833	-2191.6632
27	4481.2361	-2077.0544
28	3584.9888	-1913.6643
29	2688.7416	-1713.3026
30	1792.4944	-1442.5105
31	0.0000	-729.5559
32	-1475.1826	0.0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in c.a.)

$B=1.6000$ [m] $H=1.5000$ [m] $A_{fv}=0.000603$ [mq] $A_{fh}=0.001005$ [mq]

Staffe $\phi 12/0.2000$

$M_h=41.09$ [kNm] $T_h=82.19$ [kN] $M_v=66.20$ [kNm] $T_v=88.26$ [kN]

$\sigma_c = 0.363$ [MPa] $\sigma_f = 47.0$ [MPa] $\tau_c = 0.045$ [MPa]

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 38 di 62

4.2. PARATIA H = 4.55 M

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	4.57	[m]
Profondità di infissione	7.93	[m]
Altezza totale della paratia	12.50	[m]
Lunghezza paratia	20.00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.50	[m]
Diametro dei pali	1.2000	[m]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	0.65	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo

Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [m]

H Altezza della sezione del cordolo espresso in [m]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [mq]

W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [m³]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0.00	Calcestruzzo	1.6000	1.5000	--	--

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 39 di 62

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, 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 [°]

Profilo di monte

N	X	Y	A
2	2.00	0.00	0.00
3	8.60	3.60	28.61
4	12.00	3.60	0.00
5	14.00	3.60	0.00
6	50.00	3.60	0.00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10.00	-4.57	0.00
2	0.00	-4.57	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [MPa]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 40 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	AL1	18.0000	19.0000	17.40	17.40	0.0100
2	AL2	18.8000	19.8000	21.00	21.00	0.0240
3	AL3	19.2000	20.2000	16.90	16.90	0.0340

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	1.00	0.00	0.37	AL1
2	1.00	0.00	0.53	AL1
3	1.00	0.00	0.69	AL1
4	0.50	0.00	1.36	AL2
5	1.00	0.00	1.51	AL2
6	1.00	0.00	1.72	AL2
7	1.00	0.00	1.93	AL2
8	1.00	0.00	2.14	AL2
9	1.00	0.00	2.35	AL2
10	1.00	0.00	2.56	AL2
11	1.00	0.00	2.77	AL2
12	1.00	0.00	2.73	AL3
13	1.00	0.00	2.90	AL3
14	1.00	0.00	3.06	AL3
15	2.00	0.00	3.31	AL3
16	2.00	0.00	3.64	AL3

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 2.40 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 4.57 [m]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 41 di 62

Regime delle pressioni neutre:

Idrostatico

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 3 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 4 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 5 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 7

Spinta terreno

Combinazione n° 8

Spinta terreno

Combinazione n° 9

Spinta terreno

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 42 di 62

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	<i>Pagina</i> 43 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Bishop

Impostazioni analisi sismica

Combinazioni/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	1.060	1.060
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.748	2.748
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.535	0.535
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.000	1.000
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.062	0.062
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.450	0.450
Coefficiente di intensità sismica (percento)	5.835	5.835
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.50	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Rettangolare

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 44 di 62

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.

Le pressioni sono tutte espresse in [MPa]

σ_{am} sigma attiva da monte

σ_{av} sigma attiva da valle

σ_{pm} sigma passiva da monte

σ_{pv} sigma passiva da valle

δ_a inclinazione spinta attiva espressa in [°]

δ_p inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Combinazione n° 1

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.79	0.00666	0.00000	0.11944	0.00000	17.4	0.0
41	3.48	0.00000	0.00000	0.33032	0.00000	21.0	0.0
61	5.07	0.03957	0.00000	0.46101	0.08677	21.0	0.0
81	6.68	0.05245	0.00000	0.59202	0.14095	21.0	0.0
101	8.48	0.06543	0.00000	0.58918	0.20096	21.0	0.0
121	10.09	0.07673	0.00703	0.63890	0.25607	21.0	0.0
141	11.70	0.08923	0.01046	0.63731	0.29950	16.9	0.0

Combinazione n° 2

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02030	0.00000	14.1	0.0
21	1.79	0.00609	0.00000	0.07946	0.00000	14.1	0.0
41	3.48	0.00000	0.00000	0.21059	0.00000	17.1	0.0
61	5.07	0.03353	0.00000	0.28290	0.06115	17.1	0.0
81	6.68	0.04309	0.00000	0.35451	0.09054	17.1	0.0
101	8.48	0.05266	0.00000	0.38170	0.12309	17.1	0.0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 45 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

121	10.09	0.06096	0.00134	0.40208	0.15299	17.1	0.0
141	11.70	0.06751	0.00127	0.40955	0.18525	13.7	0.0

Combinazione n° 3

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00106	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.79	0.00326	0.00000	0.10013	0.00000	17.4	0.0
41	3.48	0.00106	0.00000	0.27483	0.00000	21.0	0.0
61	5.07	0.01425	0.00000	0.36707	0.08046	21.0	0.0
81	6.68	0.02992	0.00000	0.42739	0.11444	21.0	0.0
101	8.48	0.03820	0.00000	0.43799	0.15208	21.0	0.0
121	10.09	0.04534	0.00000	0.46968	0.18664	21.0	0.0
141	11.70	0.04843	0.00000	0.47269	0.22220	16.9	0.0

Combinazione n° 4

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00215	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.79	0.00435	0.00000	0.10013	0.00000	17.4	0.0
41	3.48	0.00215	0.00000	0.27483	0.00000	21.0	0.0
61	5.07	0.01425	0.00000	0.36707	0.08046	21.0	0.0
81	6.68	0.02992	0.00000	0.42739	0.11444	21.0	0.0
101	8.48	0.03820	0.00000	0.43799	0.15208	21.0	0.0
121	10.09	0.04534	0.00000	0.46968	0.18664	21.0	0.0
141	11.70	0.04843	0.00000	0.47269	0.22220	16.9	0.0

Combinazione n° 5

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00609	0.00000	0.02030	0.00000	14.1	0.0
21	1.79	0.01219	0.00000	0.07946	0.00000	14.1	0.0
41	3.48	0.00609	0.00000	0.21059	0.00000	17.1	0.0
61	5.07	0.03353	0.00000	0.28290	0.06115	17.1	0.0
81	6.68	0.04309	0.00000	0.35451	0.09054	17.1	0.0
101	8.48	0.05266	0.00000	0.38170	0.12309	17.1	0.0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 46 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

121	10.09	0.06096	0.00134	0.40208	0.15299	17.1	0.0
141	11.70	0.06751	0.00127	0.40955	0.18525	13.7	0.0

Combinazione n° 6

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00424	0.00000	0.02030	0.00000	14.1	0.0
21	1.79	0.01034	0.00000	0.07946	0.00000	14.1	0.0
41	3.48	0.00424	0.00000	0.21059	0.00000	17.1	0.0
61	5.07	0.03353	0.00000	0.28290	0.06115	17.1	0.0
81	6.68	0.04309	0.00000	0.35451	0.09054	17.1	0.0
101	8.48	0.05266	0.00000	0.38170	0.12309	17.1	0.0
121	10.09	0.06096	0.00134	0.40208	0.15299	17.1	0.0
141	11.70	0.06751	0.00127	0.40955	0.18525	13.7	0.0

Combinazione n° 7

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.79	0.00220	0.00000	0.10013	0.00000	17.4	0.0
41	3.48	0.00000	0.00000	0.27483	0.00000	21.0	0.0
61	5.07	0.01425	0.00000	0.36707	0.08046	21.0	0.0
81	6.68	0.02992	0.00000	0.42739	0.11444	21.0	0.0
101	8.48	0.03820	0.00000	0.43799	0.15208	21.0	0.0
121	10.09	0.04534	0.00000	0.46968	0.18664	21.0	0.0
141	11.70	0.04843	0.00000	0.47269	0.22220	16.9	0.0

Combinazione n° 8

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.79	0.00220	0.00000	0.10013	0.00000	17.4	0.0
41	3.48	0.00000	0.00000	0.27483	0.00000	21.0	0.0
61	5.07	0.01425	0.00000	0.36707	0.08046	21.0	0.0
81	6.68	0.02992	0.00000	0.42739	0.11444	21.0	0.0
101	8.48	0.03820	0.00000	0.43799	0.15208	21.0	0.0

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 47 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

121	10.09	0.04534	0.00000	0.46968	0.18664	21.0	0.0
141	11.70	0.04843	0.00000	0.47269	0.22220	16.9	0.0

Combinazione n° 9

n°	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0.00000	0.00000	0.02695	0.00000	17.4	0.0
21	1.79	0.00220	0.00000	0.10013	0.00000	17.4	0.0
41	3.48	0.00000	0.00000	0.27483	0.00000	21.0	0.0
61	5.07	0.01425	0.00000	0.36707	0.08046	21.0	0.0
81	6.68	0.02992	0.00000	0.42739	0.11444	21.0	0.0
101	8.48	0.03820	0.00000	0.43799	0.15208	21.0	0.0
121	10.09	0.04534	0.00000	0.46968	0.18664	21.0	0.0
141	11.70	0.04843	0.00000	0.47269	0.22220	16.9	0.0

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 24 elementi fuori terra e 40 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4.57	[m]
Profondità di infissione	7.93	[m]
Altezza totale della paratia	12.50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Pa Spinta attiva, espressa in [kN]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 48 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

Pw Spinta della falda, espressa in [kN]

Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]

Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	26.06	3.13	--	--	191.85	7.97	-217.92	7.39	0.01	12.50
2	[A2-M2]	35.43	3.44	--	--	191.85	7.97	-239.80	7.52	12.53	12.11
3	[A1-M1] S	7.35	2.46	4.85	2.29	191.85	7.97	-204.04	7.64	0.00	0.00
4	[A1-M1] S	7.08	2.46	9.82	2.29	191.85	7.97	-208.75	7.52	0.00	0.00
5	[A2-M2] S	34.46	3.46	27.85	2.29	191.85	7.97	-338.42	8.05	84.27	11.99
6	[A2-M2] S	34.75	3.45	19.39	2.29	191.85	7.97	-301.05	7.82	55.06	11.98
7	[SLEQ]	7.60	2.46	--	--	191.85	7.97	-199.45	7.76	0.00	0.00
8	[SLEF]	7.60	2.46	--	--	191.85	7.97	-199.45	7.76	0.00	0.00
9	[SLER]	7.60	2.46	--	--	191.85	7.97	-199.45	7.76	0.00	0.00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]

Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]

Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]

Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
3	[A1-M1] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
4	[A1-M1] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
5	[A2-M2] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
6	[A2-M2] S	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
7	[SLEQ]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
8	[SLEF]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--
9	[SLER]	0.00	0.00	--	--	--	--	--	--

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 49 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]

P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]

C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]

MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]

R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	4.57	4.94	12.49	7.32	19.03	1069.90
2	[A2-M2]	4.57	7.50	11.31	36.59	27.63	820.91
3	[A1-M1] S	4.57	4.57	-3.36	0.00	21.37	1069.90
4	[A1-M1] S	4.57	4.57	-3.36	0.00	21.86	1069.90
5	[A2-M2] S	4.57	9.50	10.95	63.41	41.12	820.91
6	[A2-M2] S	4.57	8.90	10.91	56.10	34.64	820.91
7	[SLEQ]	4.57	4.57	-3.36	0.00	20.88	1069.90
8	[SLEF]	4.57	4.57	-3.36	0.00	20.88	1069.90
9	[SLER]	4.57	4.57	-3.36	0.00	20.88	1069.90

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]

N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)

T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	107.95	6.90	49.15	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	1.20	-30.75	9.70	0.00	0.00	MIN
2	[A2-M2]	169.58	7.50	58.51	4.57	225.29	12.50	MAX

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 50 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

--	--	0.00	1.20	-53.20	9.90	0.00	0.00	MIN
3	[A1-M1] S	79.40	6.70	35.28	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-23.04	9.70	0.00	0.00	MIN
4	[A1-M1] S	93.76	6.70	39.99	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	0.00	-26.49	9.70	0.00	0.00	MIN
5	[A2-M2] S	320.58	8.10	85.39	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	12.50	-122.78	10.50	0.00	0.00	MIN
6	[A2-M2] S	272.88	7.90	77.23	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	12.50	-96.69	10.30	0.00	0.00	MIN
7	[SLEQ]	65.51	6.90	30.69	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	1.40	-19.76	9.90	0.00	0.00	MIN
8	[SLEF]	65.51	6.90	30.69	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	1.40	-19.76	9.90	0.00	0.00	MIN
9	[SLER]	65.51	6.90	30.69	4.57	225.29	12.50	MAX
--	--	0.00	1.40	-19.76	9.90	0.00	0.00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [m] positivo verso valle

V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [m] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
1	[A1-M1]	0.005574	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.000004	12.50	0.000000	0.00	MIN
2	[A2-M2]	0.010091	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.000740	12.50	0.000000	0.00	MIN
3	[A1-M1] S	0.004401	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
4	[A1-M1] S	0.004892	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
5	[A2-M2] S	0.033543	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.003837	12.50	0.000000	0.00	MIN

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 51 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

6	[A2-M2] S	0.021974	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	-0.002443	12.50	0.000000	0.00	MIN
7	[SLEQ]	0.003924	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
8	[SLEF]	0.003924	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN
9	[SLER]	0.003924	0.00	0.000061	0.00	MAX
--	--	0.000000	0.00	0.000000	0.00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _C , Y _C)	R	(X _V , Y _V)	(X _M , Y _M)	FS
2	[A2-M2]	(0.00; 6.25)	18.75	(-15.33; -4.55)	(18.57; 3.60)	1.77
5	[A2-M2] S	(0.00; 11.25)	23.75	(-17.73; -4.56)	(22.49; 3.60)	1.48
6	[A2-M2] S	(0.00; 11.25)	23.75	(-17.73; -4.56)	(22.49; 3.60)	1.48

Combinazione n° 6

Numero di strisce 50

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 52 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	6.6612	-46.85	-495.56	1.18	17.07	0.0192	0.0041	(0.00; 0.00)
2	19.7392	-44.08	-1400.16	1.12	17.07	0.0192	0.0121	(0.00; 0.00)
3	31.6329	-41.43	-2134.31	1.07	17.07	0.0192	0.0194	(0.00; 0.00)
4	42.4862	-38.88	-2719.54	1.04	17.07	0.0192	0.0261	(0.00; 0.00)
5	52.4110	-36.43	-3173.43	1.00	17.07	0.0192	0.0322	(0.00; 0.00)
6	61.4956	-34.05	-3510.68	0.97	17.07	0.0192	0.0378	(0.00; 0.00)
7	69.8113	-31.73	-3743.83	0.95	17.07	0.0192	0.0429	(0.00; 0.00)
8	77.4164	-29.47	-3883.79	0.93	17.07	0.0192	0.0476	(0.00; 0.00)
9	84.3594	-27.26	-3940.20	0.91	17.07	0.0192	0.0519	(0.00; 0.00)
10	90.6804	-25.09	-3921.68	0.89	17.07	0.0192	0.0557	(0.00; 0.00)
11	96.4515	-22.97	-3837.54	0.88	13.66	0.0272	0.0593	(0.00; 0.00)
12	101.7279	-20.87	-3695.50	0.86	13.66	0.0272	0.0625	(0.00; 0.00)
13	106.4600	-18.80	-3499.06	0.85	13.66	0.0272	0.0653	(0.00; 0.00)
14	110.6670	-16.76	-3254.45	0.84	13.66	0.0272	0.0678	(0.00; 0.00)
15	114.3667	-14.74	-2967.56	0.83	13.66	0.0272	0.0701	(0.00; 0.00)
16	117.5742	-12.74	-2644.01	0.83	13.66	0.0272	0.0720	(0.00; 0.00)
17	120.3018	-10.75	-2289.14	0.82	13.66	0.0272	0.0736	(0.00; 0.00)
18	122.5600	-8.78	-1908.08	0.82	13.66	0.0272	0.0750	(0.00; 0.00)
19	124.3569	-6.82	-1505.82	0.81	13.66	0.0272	0.0761	(0.00; 0.00)
20	125.6991	-4.87	-1087.20	0.81	13.66	0.0272	0.0769	(0.00; 0.00)
21	126.5913	-2.92	-656.95	0.81	13.66	0.0272	0.0774	(0.00; 0.00)
22	127.0366	-0.97	-219.75	0.81	13.66	0.0272	0.0777	(0.00; 0.00)

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 53 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

23	195.4725	0.97	337.10	0.80	13.66	0.0272	0.0990	(0.00; 0.00)
24	195.0312	2.91	1009.02	0.80	13.66	0.0272	0.0987	(0.00; 0.00)
25	194.9710	4.85	1681.17	0.81	13.66	0.0272	0.0982	(0.00; 0.00)
26	199.2150	6.80	2404.88	0.81	13.66	0.0272	0.0974	(0.00; 0.00)
27	203.7688	8.76	3162.67	0.81	13.66	0.0272	0.0963	(0.00; 0.00)
28	207.8658	10.72	3943.21	0.82	13.66	0.0272	0.0949	(0.00; 0.00)
29	211.4977	12.70	4741.60	0.82	13.66	0.0272	0.0933	(0.00; 0.00)
30	214.6545	14.70	5552.75	0.83	13.66	0.0272	0.0914	(0.00; 0.00)
31	217.3237	16.71	6371.39	0.84	13.66	0.0272	0.0892	(0.00; 0.00)
32	219.4908	18.74	7192.00	0.85	13.66	0.0272	0.0867	(0.00; 0.00)
33	220.8664	20.80	7998.90	0.86	13.66	0.0272	0.0838	(0.00; 0.00)
34	217.2232	22.89	8616.23	0.87	13.66	0.0272	0.0807	(0.00; 0.00)
35	211.5050	25.01	9118.98	0.89	17.07	0.0192	0.0772	(0.00; 0.00)
36	205.2466	27.17	9557.15	0.90	17.07	0.0192	0.0733	(0.00; 0.00)
37	198.3734	29.37	9921.41	0.92	17.07	0.0192	0.0691	(0.00; 0.00)
38	190.8460	31.62	10203.30	0.94	17.07	0.0192	0.0644	(0.00; 0.00)
39	182.6171	33.93	10393.36	0.97	17.07	0.0192	0.0594	(0.00; 0.00)
40	173.6296	36.30	10480.88	1.00	17.07	0.0192	0.0538	(0.00; 0.00)
41	163.8138	38.74	10453.56	1.03	17.07	0.0192	0.0478	(0.00; 0.00)
42	153.0834	41.27	10297.05	1.07	17.07	0.0192	0.0411	(0.00; 0.00)
43	141.3297	43.91	9994.18	1.11	17.07	0.0192	0.0339	(0.00; 0.00)
44	128.4126	46.66	9523.97	1.17	17.07	0.0192	0.0259	(0.00; 0.00)
45	114.1466	49.57	8859.99	1.24	17.07	0.0192	0.0171	(0.00; 0.00)
46	98.3207	52.66	7971.17	1.32	15.57	0.0136	0.0073	(0.00; 0.00)
47	81.3793	55.99	6878.89	1.44	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)
48	62.8436	59.64	5529.49	1.59	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)
49	41.1561	63.75	3763.90	1.82	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)
50	14.6909	68.43	1393.17	2.19	14.07	0.0080	0.0000	(0.00; 0.00)

Resistenza a taglio paratia= 0.0000 [kN]

$\Sigma W_i = 6589.2614$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1283.3492$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1760.2688$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 2.65$

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 54 di 62

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	1.2000	[m]
Area della sezione trasversale	1.130973	[mq]
Copriferro	0.0500	[m]

L'armatura del palo è costituita da 12 ϕ 20($A_f=0.003770$ mq) longitudinali e staffe ϕ 12/0.200 m.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

M momento flettente espresso in [kNm]

N sforzo normale espresso in [kN] (positivo di compressione)

Mumomento ultimo di riferimento espresso in [kNm]

Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]

FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	6.50	107.12	117.15	1291.24	1412.16	7.84
2	[A2-M2]	7.30	168.80	131.57	1057.35	824.14	4.07
3	[A1-M1] S	6.30	77.94	113.55	1609.22	2344.27	13.42
4	[A1-M1] S	6.30	92.50	113.55	1425.64	1750.07	10.02
5	[A2-M2] S	7.90	319.29	142.38	886.86	395.48	1.81
6	[A2-M2] S	7.70	271.49	138.78	915.74	468.10	2.19

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [MPa]

τ_f tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresso in [MPa]

σ_{st} tensione nell'armatura trasversale, espresso in [MPa]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 55 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

n° Tipo	σ_c	Y(σ_c)	σ_f	Y(σ_f)	τ_c	Y(τ_c)	σ_{st}	Y(σ_{st})
7 [SLEQ]	1.159	6.70	24.499	6.30	0.083	4.57	58.668	4.57
8 [SLEF]	1.159	6.70	24.499	6.30	0.083	4.57	58.668	4.57
9 [SLER]	1.159	6.70	24.499	6.30	0.083	4.57	58.668	4.57

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]

M momento flettente, espresso in [kNm]

N sforzo normale, espresso in [kN] (positivo di compressione)

Mumomento ultimo di riferimento, espresso in [kNm]

Nu sforzo normale ultimo di riferimento, espresso in [kN]

FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.00
5	[A2-M2] S	0.20	0.12	3.60	431.90	13171.03	2375.03
5	[A2-M2] S	0.40	0.47	7.21	846.63	12909.20	1163.91
5	[A2-M2] S	0.60	1.06	10.81	1245.19	12657.58	760.82
5	[A2-M2] S	0.80	1.89	14.42	1571.20	11978.61	540.00
5	[A2-M2] S	1.00	2.96	18.02	1802.88	10995.93	396.56
5	[A2-M2] S	1.20	4.26	21.63	1978.95	10058.19	302.29
5	[A2-M2] S	1.40	5.82	25.23	2110.22	9148.30	235.66
5	[A2-M2] S	1.60	7.72	28.84	2205.28	8242.58	185.79
5	[A2-M2] S	1.80	10.01	32.44	2260.15	7322.26	146.71
5	[A2-M2] S	2.00	12.79	36.05	2252.27	6348.37	114.48
5	[A2-M2] S	2.20	16.11	39.65	2192.86	5395.62	88.45
5	[A2-M2] S	2.40	20.07	43.26	2075.84	4474.58	67.24
5	[A2-M2] S	2.60	24.73	46.86	1925.27	3648.64	50.61
5	[A2-M2] S	2.80	30.18	50.47	1776.32	2970.63	38.26
5	[A2-M2] S	3.00	36.47	54.07	1632.03	2419.74	29.09
5	[A2-M2] S	3.17	42.24	57.07	1522.39	2056.87	23.43
5	[A2-M2] S	3.33	48.39	60.08	1441.31	1789.49	19.36

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 56 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

5 [A2-M2] S	3.50	54.95	63.08	1342.58	1541.25	15.88
5 [A2-M2] S	3.70	63.45	66.69	1253.57	1317.46	12.84
5 [A2-M2] S	3.90	73.05	70.29	1181.91	1137.30	10.52
5 [A2-M2] S	4.10	84.30	73.90	1120.06	981.80	8.64
5 [A2-M2] S	4.30	97.48	77.50	1066.94	848.25	7.11
5 [A2-M2] S	4.50	112.72	81.10	1022.06	735.40	5.89
5 [A2-M2] S	4.57	118.56	82.37	1008.12	700.36	5.53
5 [A2-M2] S	4.76	134.52	85.72	977.23	622.69	4.72
5 [A2-M2] S	4.94	150.35	89.07	954.46	565.45	4.13
5 [A2-M2] S	5.13	165.96	92.42	937.14	521.89	3.67
5 [A2-M2] S	5.31	181.28	95.78	923.66	488.01	3.31
5 [A2-M2] S	5.50	196.22	99.13	913.01	461.24	3.02
5 [A2-M2] S	5.70	211.78	102.73	903.97	438.51	2.77
5 [A2-M2] S	5.90	226.72	106.34	896.87	420.66	2.57
5 [A2-M2] S	6.10	240.93	109.94	891.33	406.74	2.40
5 [A2-M2] S	6.30	254.32	113.55	887.09	396.06	2.27
5 [A2-M2] S	6.50	266.78	117.15	883.95	388.17	2.15
5 [A2-M2] S	6.70	278.20	120.76	881.79	382.75	2.06
5 [A2-M2] S	6.90	288.49	124.36	880.53	379.57	1.98
5 [A2-M2] S	7.10	297.55	127.97	880.10	378.50	1.92
5 [A2-M2] S	7.30	305.26	131.57	880.50	379.50	1.87
5 [A2-M2] S	7.50	311.53	135.17	881.73	382.59	1.84
5 [A2-M2] S	7.70	316.24	138.78	883.83	387.86	1.82
5 [A2-M2] S	7.90	319.29	142.38	886.86	395.48	1.81
5 [A2-M2] S	8.10	320.58	145.99	890.93	405.71	1.81
5 [A2-M2] S	8.30	320.01	149.59	896.19	418.94	1.82
5 [A2-M2] S	8.50	317.45	153.20	902.85	435.70	1.85
5 [A2-M2] S	8.70	312.81	156.80	911.23	456.77	1.89
5 [A2-M2] S	8.90	305.99	160.41	921.75	483.21	1.96
5 [A2-M2] S	9.10	296.86	164.01	935.02	516.58	2.05
5 [A2-M2] S	9.30	285.34	167.62	951.98	559.23	2.17
5 [A2-M2] S	9.50	271.30	171.22	974.07	614.74	2.33
5 [A2-M2] S	9.70	254.64	174.83	1003.61	689.03	2.56
5 [A2-M2] S	9.90	235.37	178.43	1044.50	791.83	2.88
5 [A2-M2] S	10.10	214.04	182.03	1102.51	937.66	3.35
5 [A2-M2] S	10.30	191.22	185.64	1188.48	1153.82	4.04

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 57 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

5	[A2-M2] S	10.50	167.46	189.24	1325.23	1497.62	5.14
5	[A2-M2] S	10.70	143.33	192.85	1518.06	2042.53	6.88
5	[A2-M2] S	10.90	119.38	196.45	1759.56	2895.64	9.58
5	[A2-M2] S	11.10	96.14	200.06	2030.36	4225.10	13.73
5	[A2-M2] S	11.30	74.15	203.66	2243.48	6162.17	19.67
5	[A2-M2] S	11.50	53.94	207.27	2188.94	8410.79	26.38
5	[A2-M2] S	11.70	36.10	210.87	1847.54	10793.32	33.27
5	[A2-M2] S	11.90	21.22	214.48	1251.70	12653.46	38.35
5	[A2-M2] S	12.10	9.87	218.08	591.32	13070.39	38.96
5	[A2-M2] S	12.30	2.61	221.69	156.93	13344.64	39.13

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Y ordinata della sezione, espressa in [m]

σ_c tensione massima nel calcestruzzo, espressa in [MPa]

σ_f tensione massima nei ferri longitudinali, espressa in [MPa]

τ_c tensione tangenziale massima nel calcestruzzo, espressa in [MPa]

σ_{st} tensione massima nei ferri trasversali, espressa in [MPa]

Y	σ_c n° - Tipo	σ_f n° - Tipo	τ_c n° - Tipo	σ_{st} n° - Tipo
0.00	0.0001 - [A1-M1]	0.0001 - [A1-M1]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
0.20	0.0057 - [SLEQ]	0.0707 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
0.40	0.0097 - [SLEQ]	0.1407 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
0.60	0.0147 - [SLEQ]	0.2107 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
0.80	0.0197 - [SLEQ]	0.2807 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
1.00	0.0237 - [SLEQ]	0.3507 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
1.20	0.0287 - [SLEQ]	0.4207 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
1.40	0.0337 - [SLEQ]	0.4907 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]
1.60	0.0377 - [SLEQ]	0.5617 - [SLEQ]	0.0007 - [SLEQ]	0.0137 - [SLEQ]
1.80	0.0427 - [SLEQ]	0.6347 - [SLEQ]	0.0017 - [SLEQ]	0.3697 - [SLEQ]
2.00	0.0487 - [SLEQ]	0.7177 - [SLEQ]	0.0027 - [SLEQ]	1.1177 - [SLEQ]
2.20	0.0557 - [SLEQ]	0.8177 - [SLEQ]	0.0037 - [SLEQ]	2.2907 - [SLEQ]
2.40	0.0647 - [SLEQ]	0.9417 - [SLEQ]	0.0057 - [SLEQ]	3.8507 - [SLEQ]
2.60	0.0757 - [SLEQ]	1.0977 - [SLEQ]	0.0087 - [SLEQ]	5.9687 - [SLEQ]
2.80	0.0897 - [SLEQ]	1.2967 - [SLEQ]	0.0127 - [SLEQ]	8.7817 - [SLEQ]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 58 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

3.00	0.1087 - [SLEQ]	1.5477 - [SLEQ]	0.0177 - [SLEQ]	11.8917 - [SLEQ]
3.17	0.1257 - [SLEQ]	1.7897 - [SLEQ]	0.0197 - [SLEQ]	13.3097 - [SLEQ]
3.33	0.1457 - [SLEQ]	2.0547 - [SLEQ]	0.0217 - [SLEQ]	15.0727 - [SLEQ]
3.50	0.1677 - [SLEQ]	2.3487 - [SLEQ]	0.0247 - [SLEQ]	17.2947 - [SLEQ]
3.70	0.1987 - [SLEQ]	2.7667 - [SLEQ]	0.0317 - [SLEQ]	21.8587 - [SLEQ]
3.90	0.2387 - [SLEQ]	3.3037 - [SLEQ]	0.0407 - [SLEQ]	28.1497 - [SLEQ]
4.10	0.2937 - [SLEQ]	4.0157 - [SLEQ]	0.0517 - [SLEQ]	36.2597 - [SLEQ]
4.30	0.3677 - [SLEQ]	4.9707 - [SLEQ]	0.0657 - [SLEQ]	45.8157 - [SLEQ]
4.50	0.4687 - [SLEQ]	6.2307 - [SLEQ]	0.0797 - [SLEQ]	55.5317 - [SLEQ]
4.57	0.5107 - [SLEQ]	6.7497 - [SLEQ]	0.0837 - [SLEQ]	58.6687 - [SLEQ]
4.76	0.6237 - [SLEQ]	9.6307 - [SLEQ]	0.0657 - [SLEQ]	45.8207 - [SLEQ]
4.94	0.7287 - [SLEQ]	12.7827 - [SLEQ]	0.0567 - [SLEQ]	39.7907 - [SLEQ]
5.13	0.8217 - [SLEQ]	15.6747 - [SLEQ]	0.0497 - [SLEQ]	34.3267 - [SLEQ]
5.31	0.9037 - [SLEQ]	18.2187 - [SLEQ]	0.0427 - [SLEQ]	29.4927 - [SLEQ]
5.50	0.9747 - [SLEQ]	20.3877 - [SLEQ]	0.0347 - [SLEQ]	24.0877 - [SLEQ]
5.70	1.0387 - [SLEQ]	22.2237 - [SLEQ]	0.0267 - [SLEQ]	18.6917 - [SLEQ]
5.90	1.0877 - [SLEQ]	23.4937 - [SLEQ]	0.0207 - [SLEQ]	13.8567 - [SLEQ]
6.10	1.1227 - [SLEQ]	24.2367 - [SLEQ]	0.0137 - [SLEQ]	9.5027 - [SLEQ]
6.30	1.1457 - [SLEQ]	24.4997 - [SLEQ]	0.0087 - [SLEQ]	5.5777 - [SLEQ]
6.50	1.1587 - [SLEQ]	24.3357 - [SLEQ]	0.0027 - [SLEQ]	1.4347 - [SLEQ]
6.70	1.1597 - [SLEQ]	23.7347 - [SLEQ]	0.0047 - [SLEQ]	2.9217 - [SLEQ]
6.90	1.1487 - [SLEQ]	22.6987 - [SLEQ]	0.0107 - [SLEQ]	6.9137 - [SLEQ]
7.10	1.1267 - [SLEQ]	21.3017 - [SLEQ]	0.0157 - [SLEQ]	10.5587 - [SLEQ]
7.30	1.0957 - [SLEQ]	19.6197 - [SLEQ]	0.0207 - [SLEQ]	13.8587 - [SLEQ]
7.50	1.0577 - [SLEQ]	17.7337 - [SLEQ]	0.0247 - [SLEQ]	17.3277 - [SLEQ]
7.70	1.0127 - [SLEQ]	15.6827 - [SLEQ]	0.0307 - [SLEQ]	20.9077 - [SLEQ]
7.90	0.9607 - [SLEQ]	13.5217 - [SLEQ]	0.0347 - [SLEQ]	24.0107 - [SLEQ]
8.10	0.9037 - [SLEQ]	11.9587 - [SLEQ]	0.0387 - [SLEQ]	26.5347 - [SLEQ]
8.30	0.8457 - [SLEQ]	11.2717 - [SLEQ]	0.0407 - [SLEQ]	28.3677 - [SLEQ]
8.50	0.7877 - [SLEQ]	10.5827 - [SLEQ]	0.0427 - [SLEQ]	29.8497 - [SLEQ]
8.70	0.7317 - [SLEQ]	9.9057 - [SLEQ]	0.0447 - [SLEQ]	30.8757 - [SLEQ]
8.90	0.6797 - [SLEQ]	9.2597 - [SLEQ]	0.0447 - [SLEQ]	31.0437 - [SLEQ]
9.10	0.6307 - [SLEQ]	8.6617 - [SLEQ]	0.0437 - [SLEQ]	30.4857 - [SLEQ]
9.30	0.5887 - [SLEQ]	8.1257 - [SLEQ]	0.0427 - [SLEQ]	29.3907 - [SLEQ]
9.50	0.5507 - [SLEQ]	7.6537 - [SLEQ]	0.0407 - [SLEQ]	28.2157 - [SLEQ]
9.70	0.5187 - [SLEQ]	7.2387 - [SLEQ]	0.0387 - [SLEQ]	27.0437 - [SLEQ]

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 59 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

9.90	0.4897 - [SLEQ]	6.8717 - [SLEQ]	0.0367 - [SLEQ]	25.7567 - [SLEQ]
10.100	0.4637 - [SLEQ]	6.5437 - [SLEQ]	0.0357 - [SLEQ]	24.8767 - [SLEQ]
10.300	0.4397 - [SLEQ]	6.2257 - [SLEQ]	0.0347 - [SLEQ]	24.3877 - [SLEQ]
10.500	0.4157 - [SLEQ]	5.9157 - [SLEQ]	0.0337 - [SLEQ]	23.5807 - [SLEQ]
10.700	0.3927 - [SLEQ]	5.6197 - [SLEQ]	0.0327 - [SLEQ]	22.4617 - [SLEQ]
10.900	0.3707 - [SLEQ]	5.3447 - [SLEQ]	0.0307 - [SLEQ]	21.0677 - [SLEQ]
11.100	0.3507 - [SLEQ]	5.0927 - [SLEQ]	0.0277 - [SLEQ]	19.3997 - [SLEQ]
11.300	0.3337 - [SLEQ]	4.8707 - [SLEQ]	0.0257 - [SLEQ]	17.4607 - [SLEQ]
11.500	0.3187 - [SLEQ]	4.6827 - [SLEQ]	0.0227 - [SLEQ]	15.3477 - [SLEQ]
11.700	0.3067 - [SLEQ]	4.5307 - [SLEQ]	0.0187 - [SLEQ]	13.0457 - [SLEQ]
11.900	0.2977 - [SLEQ]	4.4197 - [SLEQ]	0.0157 - [SLEQ]	10.4567 - [SLEQ]
12.100	0.2917 - [SLEQ]	4.3547 - [SLEQ]	0.0117 - [SLEQ]	7.5837 - [SLEQ]
12.300	0.2897 - [SLEQ]	4.3387 - [SLEQ]	0.0067 - [SLEQ]	4.4237 - [SLEQ]

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30.0$ [MPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450.0$ [MPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.60$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 135$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0014$ (0.19%)

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file:025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 60 di 62

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\varepsilon_c \varepsilon_{ck} - \varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

Tratto armatura 1

Nr	N _u	M _u
1	-1475.1826	0.0000
2	0.0000	729.5559
3	1792.4944	1442.5105
4	2688.7416	1713.3026
5	3584.9888	1913.6643
6	4481.2361	2077.0544
7	5377.4833	2191.6632
8	6273.7305	2250.8479
9	7169.9777	2267.8695
10	8066.2249	2222.4141
11	8962.4721	2135.3476
12	9858.7193	2014.1544

Cod. elab.: 025TR202-MU17-6-CL-074_B	Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	Data: Ottobre 2011
Nome file: 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 61 di 62

PROGETTO ESECUTIVO

13	10754.9665	1855.9915
14	11651.2137	1658.4423
15	12547.4610	1419.6079
16	13443.7082	0.0000
17	13443.7082	0.0000
18	12547.4610	-1419.6079
19	11651.2137	-1658.4423
20	10754.9665	-1855.9915
21	9858.7193	-2014.1544
22	8962.4721	-2135.3476
23	8066.2249	-2222.4141
24	7169.9777	-2267.8695
25	6273.7305	-2250.8479
26	5377.4833	-2191.6632
27	4481.2361	-2077.0544
28	3584.9888	-1913.6643
29	2688.7416	-1713.3026
30	1792.4944	-1442.5105
31	0.0000	-729.5559
32	-1475.1826	0.0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in c.a.)

$B=1.6000$ [m] $H=1.5000$ [m] $A_{fv}=0.000603$ [mq] $A_{fh}=0.001005$ [mq]

Staffe $\phi 12/0.2000$

$M_h=140.18$ [kNm] $T_h=280.36$ [kN] $M_v=66.20$ [kNm] $T_v=88.26$ [kN]

$\sigma_c = 0.921$ [MPa] $\sigma_f = 154.2$ [MPa] $\tau_c = 0.142$ [MPa]

<i>Cod. elab.:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B	<i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - MURI IN C.A.	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 025TR202-MU17-6-CL-074_B.docx	MP.17 - Paratia di pali in opera 61,40 mt - da 2+999,550 a 3+060,000 - Relazione di calcolo	Pagina 62 di 62