

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:



GALLERIE ARTIFICIALI
GALLERIA SAN FILIPPO
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 1 2 GA 2 0 4 GA 0 4 Z C L 0 0 2 C

Scala:

Table with 7 columns: F, E, D, C, B, A, REV. and 7 rows of project details including dates, descriptions, and roles.

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:



Il 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 MAGGIORI  
GALLERIE ARTIFICIALI  
GALLERIA ARTIFICIALE SAN FILIPPO  
RELAZIONE DI CALCOLO

<i>Cod. elab.:</i> 109GA204GA04ZCL002 _C	<i>Titolo GA SAN FILIPPO</i> <b>Relazione di calcolo strutture</b>	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		<i>Pagina</i> 1 di 83

## Sommario

1	Premessa .....	4
2	Descrizione dell'Opera nel Progetto esecutivo (PE) .....	5
2.1	Descrizione dell'opera nel progetto esecutivo .....	5
3	Normativa progetto .....	8
3.1	Normativa di progetto PE .....	8
4	Materiali e durabilità .....	9
4.1	Durabilità e prescrizioni dei materiali PE .....	9
4.1.1	Classi di esposizione ambientale .....	9
4.1.2	Copriferro minimo e nominale .....	11
4.2	Calcestruzzi .....	12
4.2.1	Magrone di Fondazione .....	13
4.2.2	Pali di Fondazione --Soletta di copertura - Muri in elevazione di rivestimento ed imbocchi	13
4.2.3	Strutture di Fondazione .....	14
4.3	Acciaio .....	16
4.3.1	Acciaio d'armatura B450C .....	16
4.3.2	Acciaio armonico per trefoli dei tiranti .....	17
4.3.3	Acciaio da carpenteria (S355) .....	17
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI NATURALI .....	18
5.1	Parametri geotecnici PE .....	18
5.2	Terreni di ricoprimento .....	19
6	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI .....	20
6.1	Vita nominale .....	20
6.2	Classe d'uso .....	20
6.3	Periodo di riferimento, tempo di ritorno e Stati Limite .....	20
6.4	Azione sismica .....	21
6.4.1	Accelerazione massima al sito ( $a_g$ ) .....	21
6.4.2	Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche .....	22
6.4.3	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali .....	22
6.4.4	Spettri di progetto ( $S_d(T)$ ) .....	22
7	ANALISI DEI CARICHI .....	23
7.1	Carichi permanenti .....	23
8	IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E VERIFICHE .....	24
8.1	Software di calcolo .....	24
8.2	Ipotesi generali di calcolo .....	24
8.2.1	Convenzioni e sistemi di riferimento .....	25
8.3	Calcolo della spinta del terreno .....	26
8.3.1	Spinta in presenza di sisma .....	27
8.4	Approcci di progetto combinazioni .....	28
9	ANALISI STRUTTURALE DELLE PARATIE .....	29
9.1	Paratia tipo A: due tiranti h = 12.0 metri + 1.50 metri cordolo, Lunghezza Pali 21.50 metri diametro 1.2 metri .....	29
9.1.1	Risultati per la Design Section 0: Base model .....	30
9.1.2	Risultati per la Design Section 1: 0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1 .....	39
9.1.3	Risultati per la Design Section 2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1 .....	48
10	ANALISI STRUTTURALE DELLA GALLERIA .....	57
10.1	Verifica canna singola da prog. 17+931.088 a 18+051.088 ricoprimento massimo 5.5 m)	

**Errore. Il segnalibro non è definito.**

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 2 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

10.1.1	Verifiche della soletta di copertura .....	62
10.1.2	Verifiche della soletta di fondazione .....	70
10.1.3	Verifiche dei piedritti .....	76
10.2	Verifica delle pareti di imbocco .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
10.2.1	Verifiche allo SLU e SLV .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
10.2.2	Verifiche allo SLE .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 3 di 83

## **1 PREMESSA**

La presente relazione tecnica illustrativa e di calcolo è relativa al progetto esecutivo delle opere per la realizzazione della galleria artificiale San Filippo da realizzarsi nell'ambito dei lavori di ammodernamento e adeguamento alla cat. B del D.M. 05.11.2001, dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 dell'Itinerario Agrigento - Caltanissetta – A19 S.S. N°640 "di Porto Empedocle".

<i>Cod. elab.:</i> 109GA204GA04ZCL002 _C	<i>Titolo GA SAN FILIPPO</i> <b>Relazione di calcolo strutture</b>	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		<i>Pagina</i> 4 di 83

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA NEL PROGETTO ESECUTIVO (PE)

### 2.1 Descrizione dell'opera nel progetto esecutivo

La galleria artificiale San Filippo è composta da una canna singola in c.a. nell'asse destro della strada e si sviluppa dalla progressiva 17+926.088 alla progressiva 18+066.088 (lunghezza 140 m comprensivi degli imbocchi)

La geometria della galleria risulta del tutto simile a quella prevista nel progetto definitivo, infatti la sezione trasversale di ciascuna carreggiata è del tipo policentrica, composta da un arco superiore, (volta e piedritti) di raggio  $R=6.45$  m, angolo di apertura pari a circa  $119,49^\circ$  e spessore pari a 110 cm.

La fondazione è costituita da un solettone a spessore costante pari a 150 cm.

L'altezza massima interna, posta in corrispondenza dell'asse della galleria, è di 9.70 m, mentre la massima larghezza interna risulta di 12.90 m.

L'imbocco presenta, in senso longitudinale, una conformazione a becco di flauto, in senso trasversale la stessa geometria della sezione corrente. Ai termini di entrambi gli imbocchi non sono necessarie opere di sostegno pertanto la scarpata della galleria si raccorderà con quella della strada.

Il ricoprimento massimo della galleria è di 3.50 metri .

A protezione dello scavo è prevista la realizzazione di una paratia di protezione con pali di diametro 1.2 metri e multitirantata (2 ordini di tiranti) con una altezza complessiva fino a 12.0 metri. La paratia si sviluppa dalla progressiva 17+931.088 alla progressiva 18.051.088. A quota -6.0 metri e - 10.50 metri dalla testa cordolo sono disposte due file di tiranti posti ad interasse  $i = 2,8$  metri.

Per la realizzazione degli imbocchi si prevede lo scavo senza protezione con scarpate alte 5 m e pendenza 1:1 intervallate da banchine di larghezza 2 m.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 5 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

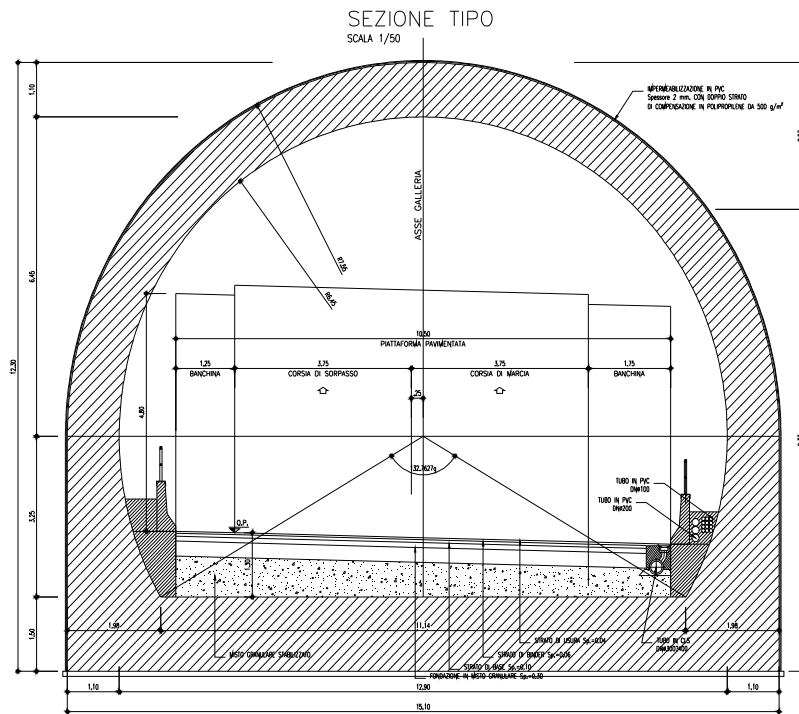


Figura 1 – sezione tipo della canna PE

PORTALE DI IMBOCCO  
 VISTA LONGITUDINALE  
 SCALA 1/100

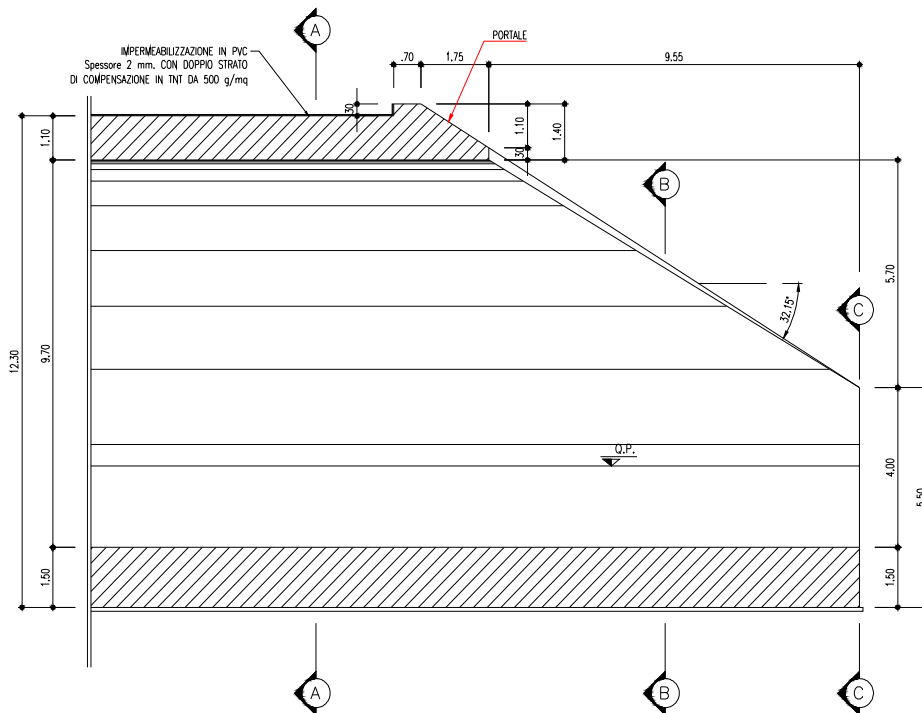


Figura 2 – sezione tipo di imbocco PE lato caltanissetta

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 6 di 83

Per quanto riguarda le fasi realizzative si riassumono di seguito:

1. Esecuzione prescavo fino a quota testa palo;
2. Realizzazione pali  $\Phi 1200$ ;
3. Realizzazione cordolo di collegamento superiore;
4. Scavo fino a quota - 1.0 metro dalla prima fila di tiranti;
5. Realizzazione prima fila di tiranti;
6. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura dei tiranti;
7. Scavo fino a quota -1.0 metro dalla seconda fila di tiranti;
8. Realizzazione seconda fila di tiranti;
9. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura dei tiranti;
10. Sbancamento fino alla quota di progetto;
11. Realizzazione galleria artificiale;
12. Ritombamento con sistemazione finale del terreno.

Per ogni dettaglio riguardante gli ulteriori particolari si rimanda alle tavole di progetto allegate alla presente relazione.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 7 di 83



### 3 **NORMATIVA PROGETTO**

#### 3.1 **Normativa di progetto PE**

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:

- [1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- [2] Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- [3] D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- [4] UNI EN 206-1:2006 « Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità »;
- [5] UNI EN 1992-1-1:2005 « Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo ».
- [6] D.M. 14 Gennaio 2008  
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (di seguito richiamata DM 2008)
- [7] Circolare 617 del 02/02/2009  
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 8 di 83

## 4 MATERIALI E DURABILITÀ

### 4.1 Durabilità e prescrizioni dei materiali PE

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.

Per aumentare la durabilità dell'opera si sono adottati i seguenti accorgimenti e dettagli:

- Utilizzo di una guaina esterna impermeabilizzazione della galleria in materiale PVC spessore 2 mm
- Utilizzo di giunti water-stop nelle riprese di getto tra conci.
- Utilizzo di una appropriata classe di calcestruzzo e copriferro (in scordo con le indicazioni UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006) in base alle analisi chimiche effettuate sulle acque e sulle terre.

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

Facendo riferimento alla tabella delle UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006 di seguito riportata ed a seguito delle analisi cliniche sulle acque, la classe di esposizione attribuita ai vari elementi strutturali costituenti le opere è così riassunta:

- Pali di fondazione, soletta superiore, muri di rivestimento e di imbocco: XC2
- Strutture di fondazioni : XC2

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 9 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

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 (%)
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>						
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	
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel coprifero o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su 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	
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>						
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 contenete 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	

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 (%)
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>						
4 a 5 b	<b>XS1</b>	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	
	<b>XS2</b>	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.	0,45	C 35/45	
	<b>XS3</b>	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	
<b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *</b>						
2 b	<b>XF1</b>	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	<b>XF2</b>	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	<b>XF3</b>	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	<b>XF4</b>	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
<b>6 Attacco chimico**</b>						
5 a	<b>XA1</b>	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	<b>XA2</b>	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	<b>XA3</b>	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.						

Figura 3 – classi di esposizione per il calcestruzzo strutturale

#### 4.1.2 Copriferro minimo e 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"  $c_{nom}$ , che vale:

$$c_{nom} = c_{min} + h.$$

dove:

$c_{min}$  è il copriferro minimo derivante da esigenze di durabilità,

$h$  è la tolleranza di posizionamento.

I valori di copriferro minimo sono indicati nella tabella seguente in funzione di:

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 11 di 83

- classe di esposizione ambientale,
- resistenza caratteristica del calcestruzzo a 28 gg,
- tipo di elemento strutturale

La tolleranza di posizionamento delle armature  $h$  viene assunta pari a 10 mm.

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

Figura 4 – condizioni ambientali in funzione delle calassi di esposizione per il calcestruzzo strutturale

$C_{min}$	$C_o$	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Figura 5 – calssi di esposizione per il calcestruzzo strutturale

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:

Copriferro scatolare: 50 mm.

Copriferro cordoli e pali: 50 mm

## 4.2 Calcestruzzi

Le caratteristiche di resistenza sono ricavate con riferimento al paragrafo 11.2.10.1 del DM 2008,

### Legami Costitutivi

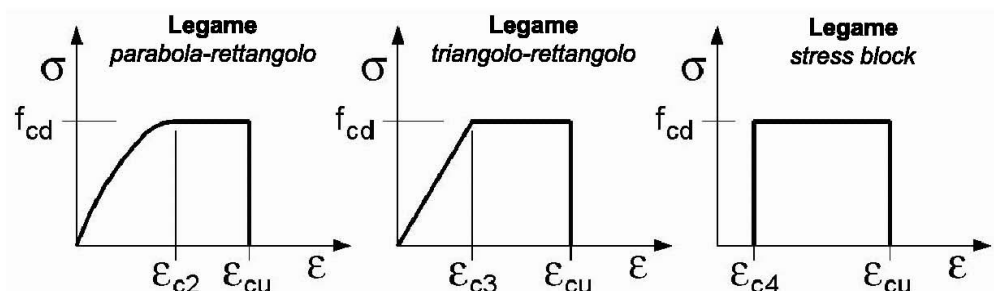
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

$$\epsilon_{c2} = 0.200\%$$

$$\epsilon_{c3} = 0.175\%$$

$$\epsilon_{c4} = 0.070\%$$

$$\epsilon_{cu} = 0.350\%$$



#### 4.2.1 Magrone di Fondazione

##### Caratteristiche Generali

cl-res =	C12\15	Classe di Resistenza
cl-esp =	X0	Classe di Esposizione
Cons =	S1 - Umida	Consistenza

#### 4.2.2 Pali di Fondazione --Soletta di copertura - Muri in elevazione di rivestimento ed imbocchi

##### Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35	Classe di Resistenza
cl-esp =	XC2	Classe di Esposizione
Cond. Ambientale =	Aggressive	Condizioni Ambientali
Rapporto A/C =	0.5	Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S4 – fluida	Consistenza
c =	50	mm Copriferro minimo
r =	60	mm Ricoprimento minimo

##### Valori Caratteristici

$R_{ck}$ =	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}$ =	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk,5\%}$ =	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk,95\%}$ =	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{cfk,5\%}$ =	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{cfk,95\%}$ =	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

##### Valori Medi

$f_{cm}$ =	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm}$ =	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm}$ =	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$ =	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

##### Resistenze di Calcolo – SLU

$\gamma_c$ =	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c$ =	0.85	Coefficiente per i carichi di lunga durata

##### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd}$ =	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd,sp<50}$ =	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

##### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd}$ =	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd,sp<50}$ =	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 13 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

$f_{ctd}$ =	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50}$ =	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali			
$\gamma_c$ =	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c$ =	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata
Resistenza di calcolo a compressione			
$f_{cd}$ =	24.69	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50}$ =	19.75	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
Resistenza di calcolo a trazione			
$f_{ctd}$ =	1.98	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50}$ =	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
$f_{ctd}$ =	2.38	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50}$ =	1.91	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
Resistenze di Calcolo – SLE			
$\sigma_c$ =	17.43	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c$ =	13.0725	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente
Tensioni Ammissibili			
$R_{ck}$ =	35		Resistenza caratteristica cubica a compressione
$E_c$ =	33722	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c$ =	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico
$f_{cd}$ =	18.15625	MPa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm c}$ =	11.0	MPa	Tensione Ammissibile
$\tau_{c0}$ =	0.667	MPa	t in assenza armatura a taglio
$\tau_{c1}$ =	1.971	MPa	t in presenza di armatura a taglio
$n$ =	15		Coff. Omogenizzazione

### 4.2.3 Strutture di Fondazione

#### Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35		Classe di Resistenza
cl-esp =	XC2		Classe di Esposizione
Cond. Ambientale =	Aggressive		Condizioni Ambientali
Rapporto A/C =	0.5		Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm	Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S4 – fluida		Consistenza
c =	50	mm	Copriferro minimo
r =	60	mm	Ricoprimento minimo

#### Valori Caratteristici

$R_{ck}$ =	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
------------	----	-----	---

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 14 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

$f_{ck} =$	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk.5\%} =$	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk.95\%} =$	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{cfk.5\%} =$	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{cfk.95\%} =$	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%
<b>Valori Medi</b>			
$f_{cm} =$	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} =$	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	32588.1078	MPa	Modulo Elastico
<b>Resistenze di Calcolo – SLU</b>			
$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata
<b>Resistenza di calcolo a compressione</b>			
$f_{cd} =$	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenza di calcolo a trazione</b>			
$f_{ctd} =$	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali</b>			
$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata
<b>Resistenza di calcolo a compressione</b>			
$f_{cd} =$	24.69	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	19.75	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenza di calcolo a trazione</b>			
$f_{ctd} =$	1.98	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	2.38	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.91	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenze di Calcolo – SLE</b>			
$\sigma_c =$	17.43	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c =$	13.0725	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	<b>Relazione di calcolo strutture</b>	Pagina 15 di 83



#### Tensioni Ammissibili

$R_{ck} =$	35		Resistenza caratteristica cubica a compressione
$E_c =$	33722	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c =$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico
$f_{cd} =$	18.15625	MPa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm\ c} =$	11.0	MPa	Tensione Ammissibile
$\tau_{c0} =$	0.667	MPa	t in assenza armatura a taglio
$\tau_{c1} =$	1.971	MPa	t in presenza di armatura a taglio
$n =$	15		Coff. Omogenizzazione

### 4.3 Acciaio

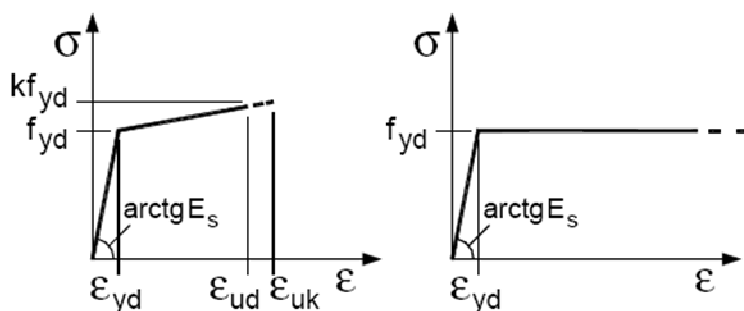
#### 4.3.1 Acciaio d'armatura B450C

##### Legami Costitutivi

$$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$$

$$\epsilon_{uk} = 0.9(A_{gt})_k$$

$$k = (f_t / f_y)_k$$



##### Valori Caratteristici

$f_{y,nom} =$	450	MPa	Valore nominale della tensione di snervamento
$f_{t,nom} =$	540	MPa	Valore nominale della tensione di rottura
$E_s =$	206000	MPa	Modulo Elastico

##### Requisiti prescritti

$f_{yk.5\%} \geq$	$f_{y,nom}$	Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di snervamento (da prove su campioni in numero significativo)
$f_{tk.5\%} \geq$	$f_{t,nom}$	Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di rottura (da prove su campioni in numero significativo)
$(f_y / f_{y,nom})_{k.10\%} \leq$	1.25	Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di snervamento effettiva, riscontrata sulla barra, ed il relativo valore nominale
$(f_t / f_y)_{k.10\%} \geq$	1.25	Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento
	< 1.35	
$(A_{gt})_{k.10\%} \geq$	7.5 %	Valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo
$\phi < 12$ mm	4 $\phi$	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:
$12 \leq \phi \leq 16$ mm	5 $\phi$	
$16 < \phi \leq 25$ mm	8 $\phi$	
$25 < \phi \leq 40$ mm	10 $\phi$	

##### Resistenze di Calcolo – SLU

$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 16 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

$\epsilon_{yd} =$	0.190%	MPa	Deformazione a snervamento per trazione
Resistenze di Calcolo – SLE			
$\gamma_s =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} =$	450.00	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} =$	0.218%		Deformazione a snervamento per trazione
$\sigma_s =$	360.00	MPa	Tensione limite nell'acciaio

#### 4.3.2 Acciaio armonico per trefoli dei tiranti

Le caratteristiche di resistenza sono ricavate con riferimento al paragrafo 11.3.3.2 del DM 2008,

Valori Caratteristici

$f_{ptk} =$	>1860	N/mmq	Tensione caratteristica di rottura
$F_{p(1)k} =$	>1670	N/mmq	Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale
$A_{gt} =$	3.5	MPa	Allungamento sotto carico massimo
$ES =$	206000	MPa	Modulo Elastico

Resistenze di Calcolo – SLU

$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} =$	1452	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione

#### 4.3.3 Acciaio da carpenteria (S355)

Si adottano elementi conformi al DM 2008.

Si prevede utilizzo di acciaio S355.

Le tensioni di snervamento vengono dedotte con riferimento alla tab. 11.3.IX DM 2008, ottenendo:

$f_y = 355.0$  MPa per  $t \leq 40.0$  mm  
 $f_y = 335.0$  MPa per  $40.0 < t \leq 80.0$  mm

I coefficienti  $\gamma_m$  per i vari stati limite di riferimento vengono presi dalla medesima norma. In particolare, si è assunto:

$\gamma_{m0} = 1.05$  verifiche S.L.U. resistenza  
 $\gamma_{m1} = 1.1$  verifiche S.L.U. stabilità  
 $\gamma_{m,ser} = 1.0$  verifiche S.L.E. tensioni

Per quanto riguarda i rimanenti parametri di progetto afferenti all'acciaio da carpenteria, si è assunto:

$E_s = 210000.0$  MPa modulo elastico  
 $\nu_s = 0.3$  coefficiente di Poisson  
 $G_s = 80769.23$  MPa modulo di elasticità tangenziale

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 17 di 83

## 5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI NATURALI

### 5.1 Parametri geotecnici PE

Per quanto riguarda una approfondita descrizione delle caratteristiche geologico- geotecniche dei terreni interessati dalle opere si rimanda alle specifiche relazioni allegate al progetto.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici di calcolo estratti da "3-A - Modello Geotecnico 2 – GA S. Filippo Neri: da prog. 17+940 a prog. 18+060" forniti dal geologo di riferimento.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici di calcolo estratti da "3-A - Modello Geotecnico 2 – GA S. Filippo Neri: da prog. 17+940 a prog. 18+060" forniti dal geologo di riferimento.

Indagini dirette di riferimento:

Sondaggio 2006	Tipologia	Prof. (m)	Progr. Km	Campioni		
				N°	Sigla	Profondità (m)
S33	Carotaggio continuo	25,00	17+980	1	S33C1	15,00-15,50
				2	S33C2	20,00-20,50

Sondaggio 2010 Fase 1	Tipologia	Prof. (m)	Progr. Km	Campioni		
				N°	Sigla	Profondità (m)
S16	Carotaggio continuo Down-Hole	40,00	18+020	1	C1	5,50-6,00
				2	C2	11,25-11,75
				3	C3	18,00-18,40
				4	C4	25,00-25,50
				5	C5	30,40-30,70
				6	C6	40,00-40,30

ARGILLE BRECCIATE INTERMEDIE TRVB2a				
Campione	$\gamma$	$c'$	$Cu$	$\Phi$
	KN/mc	KN/mq	KN/mq	(°)
S16C2	20,48	29,10	311,00	21,80
S33C1	19,59		124,10	
Valori medi	<b>20,04</b>	<b>29,10</b>	<b>217,55</b>	<b>21,80</b>
Valori minimi	19,59	29,10	124,10	21,80
Valori massimi	20,48	29,10	311,00	21,80

ARGILLE BRECCIATE PROFONDE TRVB2b				
Campione	$\gamma$	$c'$	$Cu$	$\Phi$
	KN/mc	KN/mq	KN/mq	(°)
S33C2	19,41	28,00		24,20
S16C4	21,73	24,10		22,00
S16C5	21,27	37,60		28,20
Valori medi	<b>20,80</b>	<b>29,90</b>		<b>24,80</b>
Valori minimi	19,41	24,10	0,00	22,00
Valori massimi	21,73	37,60	0,00	28,20

PROGETTO ESECUTIVO

Profondità (m)	Litotipo	Parametri Geotecnici
0.00 ÷ 9.00 <sup>(1)</sup> 0.00 ÷ 15.00 <sup>(2)</sup>	<u>Argille Brecciate sommitali alterate – TRVB1:</u> limo argilloso e argilla limosa plastica ed alterata	$\gamma = 1.94 \text{ T/mc}$ $C_u = 0.50 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}$ $\varphi' = 19^\circ$
9.00 ÷ 17.00 <sup>(1)</sup> 15.00 ÷ 23.00 <sup>(2)</sup>	<u>Argille Brecciate intermedie – TRVB 2a:</u> argilla limosa a tratti scagliose	$\gamma = 2.00 \text{ T/mc}$ $C_u = 2.17 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.29 \text{ Kg/cmq}$ $\varphi' = 21.80^\circ$
15.00 ÷ in prof. <sup>(1)</sup> 23.00 ÷ in prof. <sup>(2)</sup>	<u>Argille Brecciate profonde – TRVB 2b:</u> argilla e argilla limosa consistente brecciate scagliose consistenti	$\gamma = 2.1 \text{ T/mc}$ $C_u = 1.58 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.30 \text{ Kg/cmq}$ $\varphi' = 24.80^\circ$

Numero di verticali indagate	2	2
$\xi_3$	1,65	1,75
$\xi_4$	1,55	1,70

La prima colonna dei coefficienti di correlazione si riferiscono ai pali mentre la seconda colonna si riferisce ai tiranti.

Differenti valori di (1) e (2) sono relativi rispettivamente all'asse dx e l'asse sx, dovuti a differenti spessori di accumuli di materiale argilloso detritico, presente soprattutto sull'asse sx: poiché la galleria artificiale si sviluppa sull'asse dx si assumono i valori contrassegnati con il numero (1).  
dove:

$\gamma$  = peso di volume

$c'$  = coesione

$\varphi$  = angolo d'attrito

$C_u$  = coesione non drenata

Non vi è presenza di falda.

## 5.2 Terreni di ricoprimento

La sistemazione finale della galleria artificiale prevede il suo ricoprimento, fino ad un massimo di 5.5 m, con terreno di riporto di caratteristiche opportune.

Per la valutazione dei carichi verticali e delle spinte si assumono i seguenti parametri geotecnici:

$\gamma = 19 \text{ kNm}^3$  (peso di volume efficace)

$c' = 0 \text{ KPa}$  (coesione efficace)

$\phi = 30^\circ$  (angolo di attrito del terreno)

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 19 di 83

## 6 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

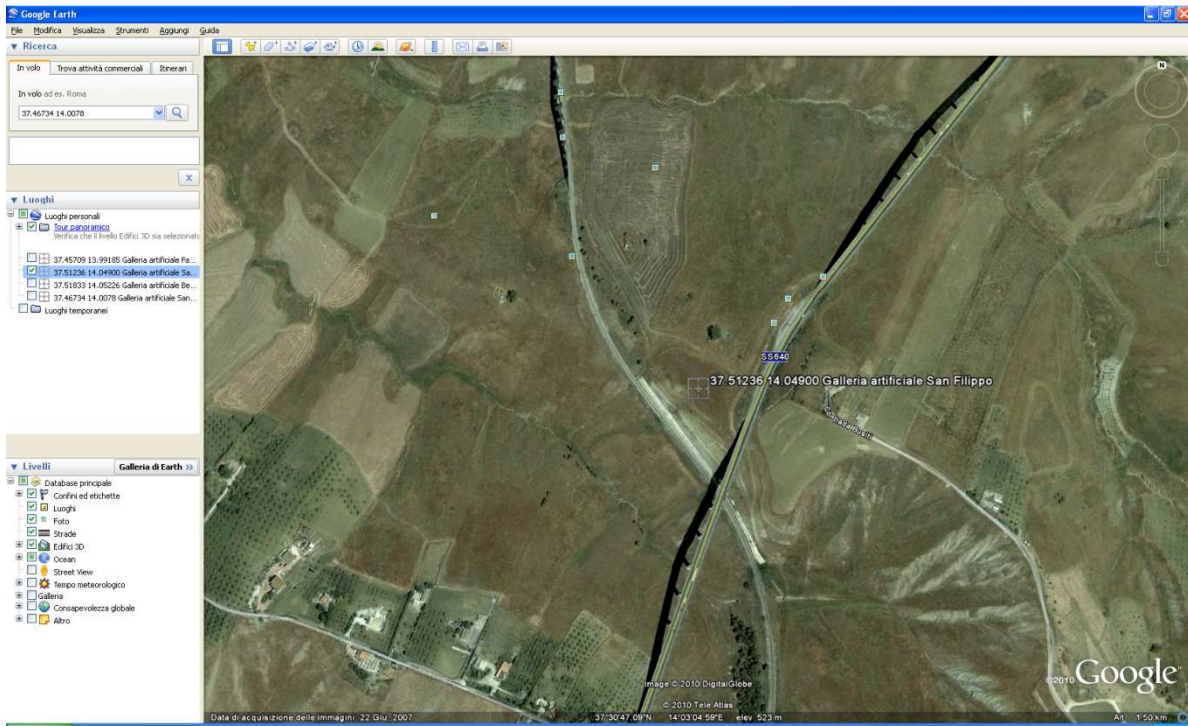


Figura 6 - Localizzazione sito di costruzione

### 6.1 Vita nominale

Per il tipo di costruzione in oggetto e secondo il DM 2008 si è stabilita una vita:  
 $V_N \geq 50$  anni

### 6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è stata definita di Classe IV. Secondo il DM 2008 l'opera rientra quindi fra le "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C, quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia Elettrica".

Il corrispondente coefficiente d'uso  $C_u$  vale:

$$C_u = 2$$

### 6.3 Periodo di riferimento, tempo di ritorno e Stati Limite

In virtù di quanto affermato, il periodo di riferimento  $V_R$  per la valutazione delle azioni sismiche, definito come prodotto della vita nominale per la classe d'uso, risulta:

$$V_R = V_N * C_u = 50 * 2 = 100 \text{ anni}$$

Ad esso compete un valore del tempo  $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$  che dipende dalla probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 20 di 83

Nella tabella che segue sono riportati gli stati limite previsti dalla norma ed i corrispondenti valori di  $P_{VR}$  e  $T_R$ :

Stato Limite	$P_{VR}$	$T_R$
Stato Limite di Operatività (SLO - Stato Limite di Esercizio)	81%	60
Stato Limite di Danno (SLD - Stato Limite di Esercizio)	63%	101
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV - Stato Limite Ultimo)	10%	949
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV- Stato Limite Ultimo)	5%	1950

## 6.4 Azione sismica

### 6.4.1 Accelerazione massima al sito ( $a_g$ )

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, vengono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa viene espressa in termini di:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;

$Se(T)$  = spettro di risposta in termini di accelerazioni;

con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ), menzionate nei paragrafi precedenti.

Gli stati limite presi in considerazione nella presente relazione sono i seguenti:

- Stato Limite di Esercizio: **Stato Limite di Danno (SLD)**
- Stato Limite Ultimo: **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**

Nella tabella che segue sono riportati, in funzione della posizione del sito di costruzione (si assumono latitudine e longitudine del baricentro del tracciato della galleria) i valori di  $a_g$  e di:

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Stato Limite	$T_R$	Latit.	Longit.	$a_g$	$F_0$	$T^*_C$
	[anni]	[N]	[E]	[g]		[s]
<b>SLO</b>	60	37.51236	14.04900	0.037	2.520	0.276
<b>SLD</b>	101	37.51236	13.04900	0.044	2.502	0.315
<b>SLV</b>	949	37.51236	13.04900	0.091	2.647	0.477
<b>SLV</b>	1950	37.51236	13.04900	0.111	2.737	0.525

Nella tabella successiva sono riportati per completezza i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_C$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.

$T_R$	Latit.	Longi.	$a_g$	$F_0$	$T^*_C$
[anni]	[N]	[E]	[g]		[s]
30	37.51236	14.04900	0.028	2.486	0.214
50	37.51236	14.04900	0.034	2.513	0.263

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 21 di 83

72	37.51236	14.04900	0.039	2.527	0.289
101	37.51236	14.04900	0.044	2.501	0.316
140	37.51236	14.04900	0.050	2.523	0.335
201	37.51236	14.04900	0.056	2.575	0.353
475	37.51236	14.04900	0.074	2.587	0.428
975	37.51236	14.04900	0.092	2.650	0.479
2475	37.51236	14.04900	0.118	2.768	0.542

#### 6.4.2 Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche

Per il sito in questione si assume, sulla base dei dati delle indagini eseguite, che il sottosuolo sia identificato dalla categoria **C**: "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti".

Le condizioni topografiche del sito possono essere rappresentate dalla descrizione della categoria **T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

#### 6.4.3 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Il valore dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali  $S_e(T)$ , calcolato per  $T=0$  in quanto si assume che l'opera sia sollecitata dalla stessa accelerazione del terreno, è dato dall'espressione:

$$S_e(T=0) = a_g * S$$

dove il parametro  $S$ , che è il coefficiente che tiene conto sia della categoria del sottosuolo sia delle condizioni topografiche, è dato dalla relazione

$$S = S_s * S_T$$

Per il sito in oggetto i valori di tali coefficienti e dello spettro  $S_e(T)$  sono riportati nella tabella seguente:

Stato Limite	$S_s$	$S_T$	$S$	$a_g$	$S_e(T)$
				[g]	[g]
<b>SLO</b>	1.5	1.0	1.5	0.037	0.0555
<b>SLD</b>	1.5	1.0	1.5	0.044	0.066
<b>SLV</b>	1.5	1.0	1.5	0.091	0.1365
<b>SLC</b>	1.5	1.0	1.5	0.111	0.1665

#### 6.4.4 Spettri di progetto ( $S_d(T)$ )

Per lo stato limite di esercizio **SLD** lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, è quello elastico corrispondente  $S_e(T)$ :

$$S_d(T) = S_e(T)$$

Anche per lo stato limite di ultimo **SLV** lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare è, per  $T=0$  ancora quello elastico corrispondente  $S_d(T) = S_e(T)$ .

I valori dei moltiplicatori delle masse, in direzione orizzontale  $S_d(T)$ , sono quindi richiamati nella tabella seguente:

Stato Limite	$S_d(T)$
	[g]
<b>SLD</b>	0.066
<b>SLV</b>	0.137

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 Carichi permanenti

L'azione del terreno (sia come carico verticale sia come carico orizzontale) sulla struttura è considerato e combinato come carico permanente. Di seguito si riporta le caratteristiche del terreno utilizzato:

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	Springs	Springs	Springs	Springs		Model
STRATO 1	19.4	18	21.8	29	N/A	N/A	N/A	35000	105000	0.46	2.18	N/A	N/A	True	Linear
STRATO 2	20	19	21.8	29	N/A	N/A	N/A	50000	150000	0.46	2.18	N/A	N/A	True	Linear
STRATO 3	21	19	24.8	30	N/A	N/A	N/A	90000	270000	0.41	2.44	N/A	N/A	True	Linear

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidezza molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 23 di 83



## 8 IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E VERIFICHE

### 8.1 Software di calcolo

Per il calcolo delle paratie si è utilizzato il codice di calcolo agli elementi finiti non lineare PRATIE PLUS 2010 distribuito dalla Harpaceas srl Milano, appositamente concepito per l'analisi ed al calcolo di paratie in campo non lineare (modello terreno elasto plastico).

Per il profilo del terreno, PARATIE consente la definizione per punti con possibilità di inserire sovraccarichi (concentrati e distribuiti) in qualsiasi punto o tratto del profilo. E' possibile stratificare il terreno di monte e di valle. La caratterizzazione del terreno avviene fornendo i valori dei parametri fisici e meccanici più comuni. La falda può essere messa in conto con quote differenti per la zona di monte e quella di valle. Date le caratteristiche del terreno, i sovraccarichi e l'altezza fuori terra della paratia. La paratia è discretizzata, mediante il metodo degli elementi finiti, in una serie di elementi tipo trave, mentre il terreno viene schematizzato con una serie di molle a comportamento elastoplastico reagenti solo a compressione (problema di Verifica). Questo tipo di analisi presenta il vantaggio, rispetto ai metodi classici, di considerare la paratia con la sua effettiva rigidezza ed è in grado di fornire una soluzione in termini di spostamenti (i metodi classici non sono in grado di fornire informazioni sugli spostamenti). Nel programma PARATIE è possibile selezionare il metodo con cui analizzare la paratia, nella opportuna finestra di opzioni di analisi. Nella fase di Verifica è possibile effettuare l'analisi per fasi di scavo. L'analisi della paratia può essere eseguita sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche. Nel caso di paratie di pali o a setti in c.a. PARATIE esegue il progetto delle armature in funzione delle direttive impostate dall'Utente. La verifica delle sezioni può essere eseguita con il metodo delle Tensioni Ammissibili oppure con il metodo degli Stati Limite Ultimi.

Per il calcolo del manufatto si è costruito un modello della sezione tipica agli elementi finiti di tipo lineare utilizzando il codice di calcolo SAP2000 della CSI Berkeley USA. Il modello è costituito dalla schematizzazione della fondazione dei piedritti e della soletta con elementi monodimensionali tipo "frame". La fondazione è vincolata su un suolo elastico, mentre sulla soletta superiore e sui piedritti laterali agiscono rispettivamente il peso del ricoprimento e la spinta del terreno laterale a riposo.

### 8.2 Ipotesi generali di calcolo

PARATIE PLUS è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale. Il problema è ricondotto ad un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente. La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "TRAVE SU SUOLO ELASTICO": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidezza flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno. La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso due tipi di analisi: 1) Analisi classica tramite metodi all'equilibrio limite; 2) Analisi STATICA INCREMENTALE: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson. SISTEMI DI RIFERIMENTO E CONVENZIONI. Le coordinate, i carichi, i cedimenti, le reazioni

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 24 di 83

vincolari e gli spostamenti dei NODI sono riferiti ad una terna destra cartesiana globale con l'asse Z verticale rivolto verso l'alto e l'asse Y verso destra.

### 8.2.1 Convenzioni e sistemi di riferimento

#### ELEMENTO TRUSS

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. STRESS : SPORZO

#### ELEMENTO BEAM (vedi figura 11-1)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO  
(tutti per unità di profondità)

#### ELEMENTO ELPL (MOLLA ELASTOPLASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. PLASTIC: DEFORMAZIONE PLASTICA

#### ELEMENTO WIRE (TIRANTE)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

#### ELEMENTO CELAS (MOLLA ELASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. MOMENT : MOMENTO NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

#### ELEMENTO SLAB (SOLETTA FRA DUE PARETI)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
5. AXIAL : AZIONE ASSIALE  
(tutti per unità di profondità)

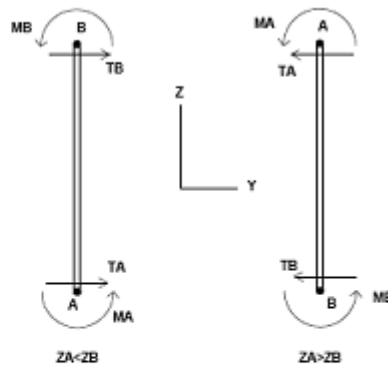


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

L'analisi delle sezioni trasversali della paratia ai fini della verifica viene eseguita considerando il sistema di riferimento riportato nella figura seguente

- asse X coincidente con l'asse dell'asta e con verso dal nodo iniziale al nodo finale;
- immaginando la trave a sezione rettangolare l'asse Y è parallelo alla base e l'asse Z è parallelo all'altezza. La rotazione dell'asta comporta quindi una rotazione di tutta la terna locale. Le convenzioni utilizzate per le sollecitazioni sugli elementi BEAM della paratia sono le seguenti:

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 25 di 83

ELEMENTO TRUSS

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. STRESS : SPORZO

ELEMENTO BEAM (vedi figura 11-1)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO  
(tutti per unità di profondità)

ELEMENTO ELPL (MOLLA ELASTOPLASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. PLASTIC : DEFORMAZIONE PLASTICA

ELEMENTO WIRE (TIRANTE)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

ELEMENTO CELAS (MOLLA ELASTICA)

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. MOMENT : MOMENTO NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

ELEMENTO SLAB (SOLETTA FRA DUE PARETI)

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
5. AXIAL : AZIONE ASSIALE  
(tutti per unità di profondità)

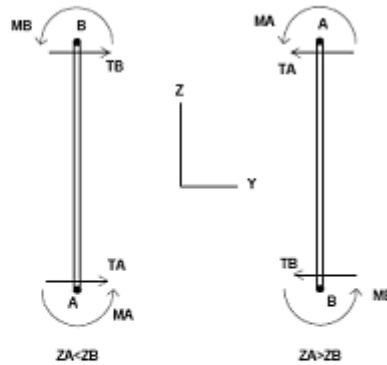


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

### 8.3 Calcolo della spinta del terreno

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_A$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_P$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$$

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$  e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} (OCR)^m \text{ dove } K_0^{NC} = 1 - \sin \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $OCR=1$ ).  $OCR$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7. Ladd et al. (1977), Jamiolkowski et al. (1979) forniscono valori di  $m$  per argille italiane.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_A = \tan^2(45 - \phi'/2) \quad K_P = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Attraverso valori opportuni di  $K_A$  e  $K_P$  si può tener conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno e della pendenza del terreno a monte ed entro la luce di scavo; si possono usare a questo scopo i valori desunti da NAVFAC (1986) o quelle elaborate da Caquot e Kerisel (1948)

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'_h = K_A \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_A} \quad \sigma'_h = K_P \sigma'_v + 2c' \sqrt{K_P}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente. c'è la coesione drenata del terreno.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse,  $k$ , è data da:

$$k = E / L$$

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 26 di 83

ove  $E$  è un modulo di rigidezza del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidezza di ogni molla è

$$K = E \Delta / L$$

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto, in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \lambda_A \tan(45 - \phi' / 2)$$

e in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \lambda_P \tan(45 + \phi' / 2)$$

dove:  $\lambda_A = \min\{l; 2H\}$       $\lambda_P = \min\{l - H; H\}$

e dove  $l$  = altezza totale della paratia e  $H$  = altezza corrente dello scavo. La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987).

Si assume in ogni caso un valore di  $H$  non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il parametro  $E$  dipende dalla storia tensionale del sito nonché dall'incremento locale dello stato tensionale come illustrato in Becci e Nova (1987).

### 8.3.1 Spinta in presenza di sisma

Per la valutazione dell'effetto che il sisma induce nella spinta trasmessa dal terreno alle paratie, il software fa ricorso ad una metodologia di analisi pseudo-statica secondo cui l'azione sismica viene definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo. Le componenti orizzontale e verticale  $a_h$  e  $a_v$  dell'accelerazione equivalente vengono ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera. In particolare nel caso delle paratie è possibile trascurare l'accelerazione verticale assumendo  $a_v = 0$ , mentre l'accelerazione orizzontale può essere valutata mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

- $a_h$  componente orizzontale dell'accelerazione sismica
- $k_h$  coefficiente sismico orizzontale
- $g$  costante gravitazionale
- $\alpha$  coefficiente ricavabile in funzione dell'altezza complessiva della paratia e della categoria del sottosuolo tramite il diagramma riportato nella figura 7.11.2 delle NTC 2008
- $\beta$  coefficiente funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza, ricavabile dal diagramma riportato nella figura 7.11.3 delle NTC 2008. Per  $u_s = 0$  si assume  $\beta = 1$ . Deve in ogni caso aversi  $u_s \leq 0.005 \cdot H$ . Inoltre se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$  si assume  $k_h = 0.2 \cdot a_{max} / g$
- $a_{max}$  accelerazione di picco valutata mediante analisi della risposta sismica locale mediante la relazione:  $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ ; essendo  $S_S$  ed  $S_T$  i coefficienti di amplificazione prima definiti e  $a_g$  l'accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 27 di 83

Di conseguenza per l'analisi strutturale delle paratie sotto l'effetto del sisma si sono considerate complessivamente le seguenti azioni:

- $f_{h_{par}}$  forze sismiche orizzontali dovute alla massa delle paratie che emergono dal terreno,
- $\Delta\sigma_h$  incremento della spinta del terreno per effetto del sisma calcolato come differenza tra la spinta attiva sismica calcolata mediante il metodo di Mononobe-Okabe e la spinta statica.

**Le forze sismiche dovuta alla massa della soletta e al terreno di ricoprimento sono state modellate come carichi esterni consistenti in forze concentrate applicate in sommità alla paratia.**

**Nelle verifiche delle gallerie e delle paratie si assumano i valori di  $\alpha \cdot \beta$  pari all'unità**

#### 8.4 Approcci di progetto combinazioni

Le verifiche sono condotte secondo tre tipi di combinazione indicate nelle NTC2008 : A1-M1-R1, A2-M2-R2, oltre alla combinazione sismica EQK-seismic con fattori sui carichi e parametri geotecnici paria 1.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 28 di 83

## 9 ANALISI STRUTTURALE DELLE PARATIE

Si riportano le verifiche dei vari tipi di palo e dei tiranti della paratia a protezione dello scavo. Le verifiche dei pali sia geotecniche che strutturali sono condotte con l'Approccio 1 sia nella combinazione A1-M1-R1 sia nella combinazione A2-M2-R1. Le stesse combinazioni sono utilizzate anche per la verifica strutturale dei tiranti. Per quanto riguarda invece le verifiche geotecniche allo sfilamento del tirante si conduce con la combinazione A1-M1-R3 (con riferimento al paragrafo 6.6 DM 2008). Il calcolo della resistenza di progetto (Rad) è ricavata da quella caratteristica (Rak) diviso il coefficiente di sicurezza  $\gamma_{\text{Rat}} = 1.1$  (tiranti temporanei). Il valore della resistenza Rak è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione rispettivamente al valor medio e al valore minimo delle resistenze ottenute dal calcolo.

### 9.1 Paratia tipo A: due tiranti h = 12.0 metri + 1.50 metri cordolo, Lunghezza Pali 21.50 metri diametro 1.2 metri

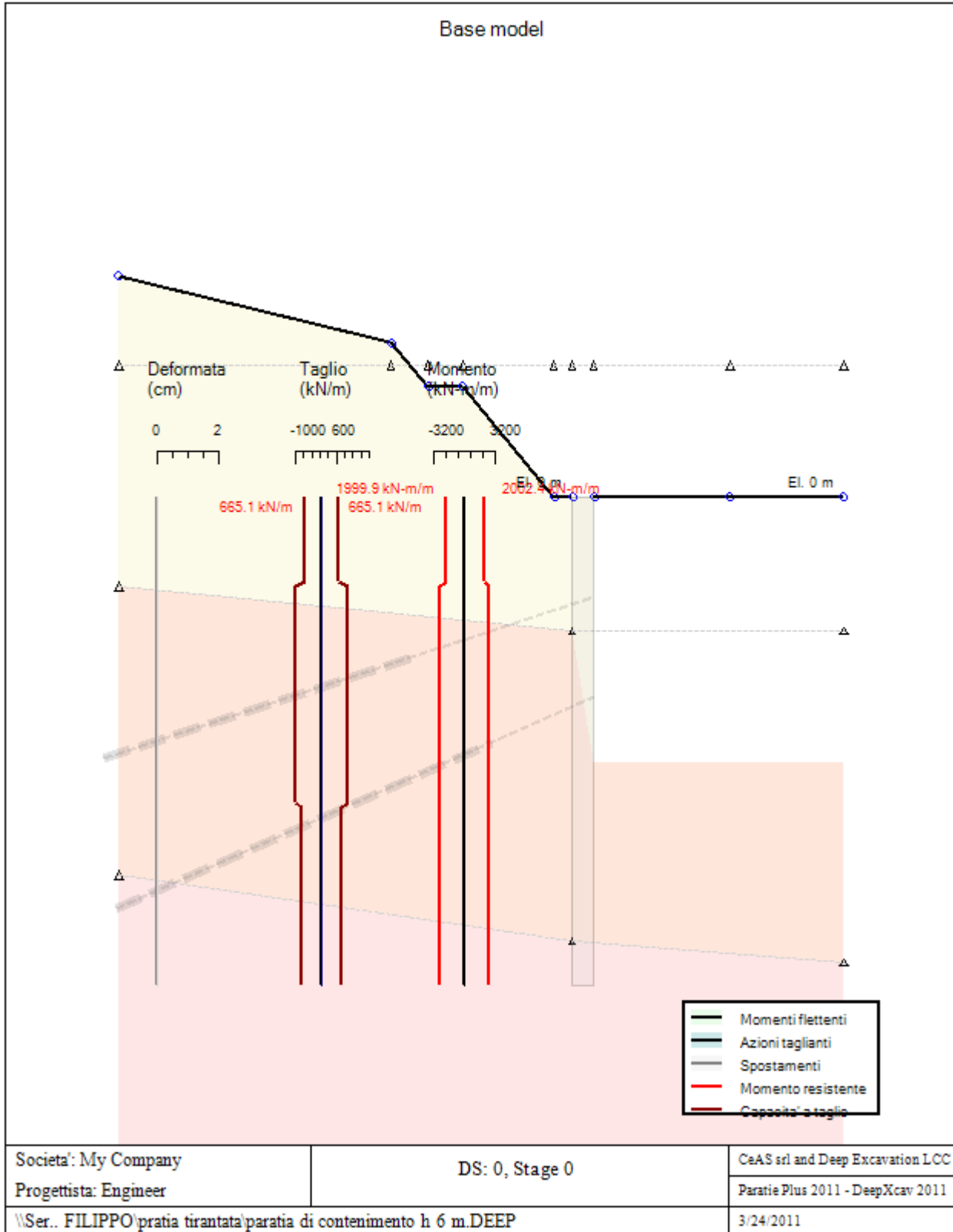
Di seguito sono riportati i risultati per ogni combinazione effettuata. La combinazione "base model corrisponde a quella con tutti i parametri (sui carichi, sul terreno e di sicurezza pari a 1). Per quanto riguarda la verifica dei tiranti si ricorda che la verifica allo sfilamento deve essere condotta nella condizione di carico A1-M1-R3 (con riferimento al paragrafo 6.6 DM 2008). Per facilitarne la comprensione dei risultati nella tabella di seguito si riportano i valori della resistenza a sfilamento dei tiranti calcolati con i parametri geotecnici medi e minimi.

Quota tirante testa palo (m)	Rad parametri medi (kN)	Rad parametri minimi (kN)
-4.5	688	647.7
-9.0	1058.7	982.9

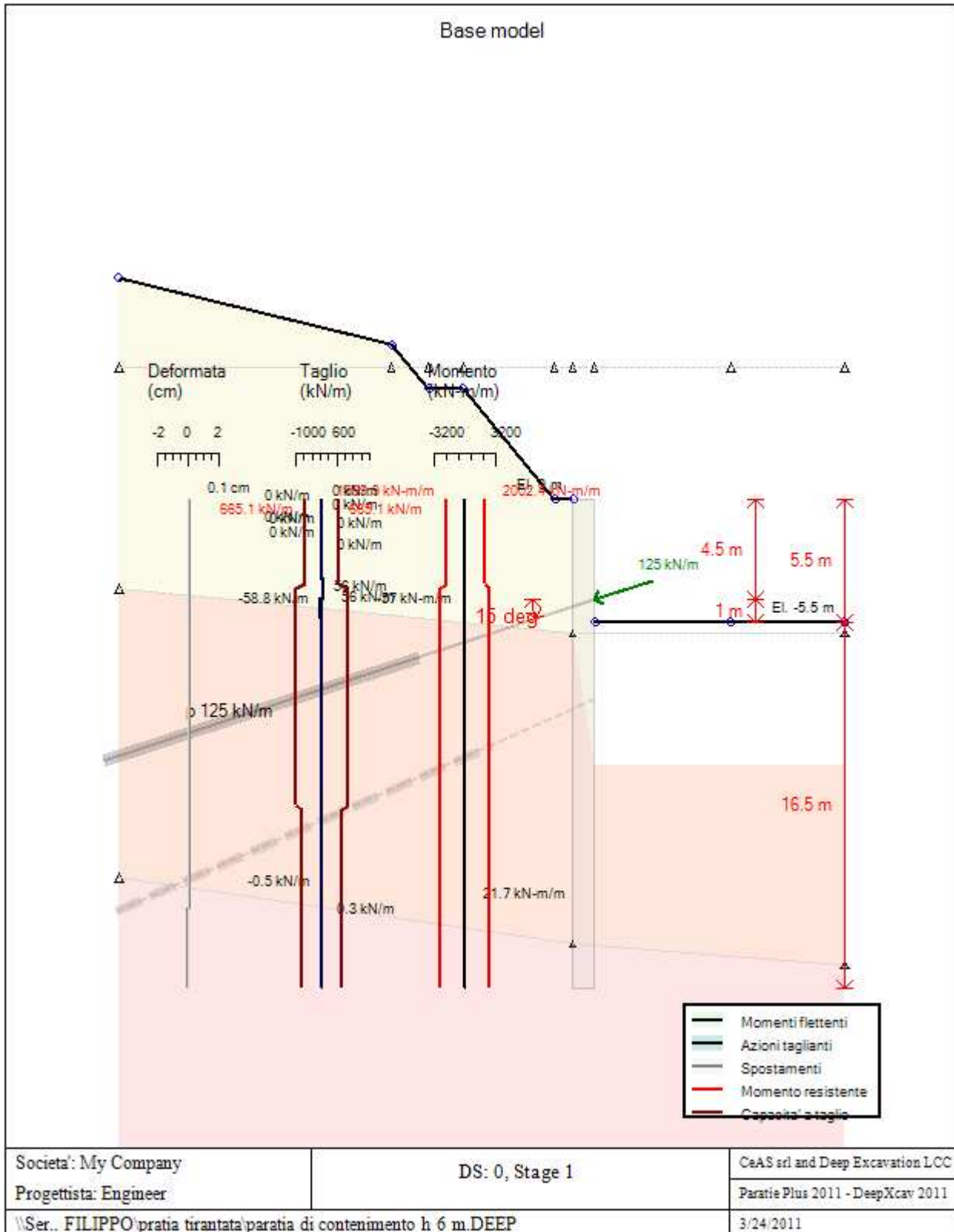
### 9.1.1 Risultati per la Design Section 0: Base model

#### GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

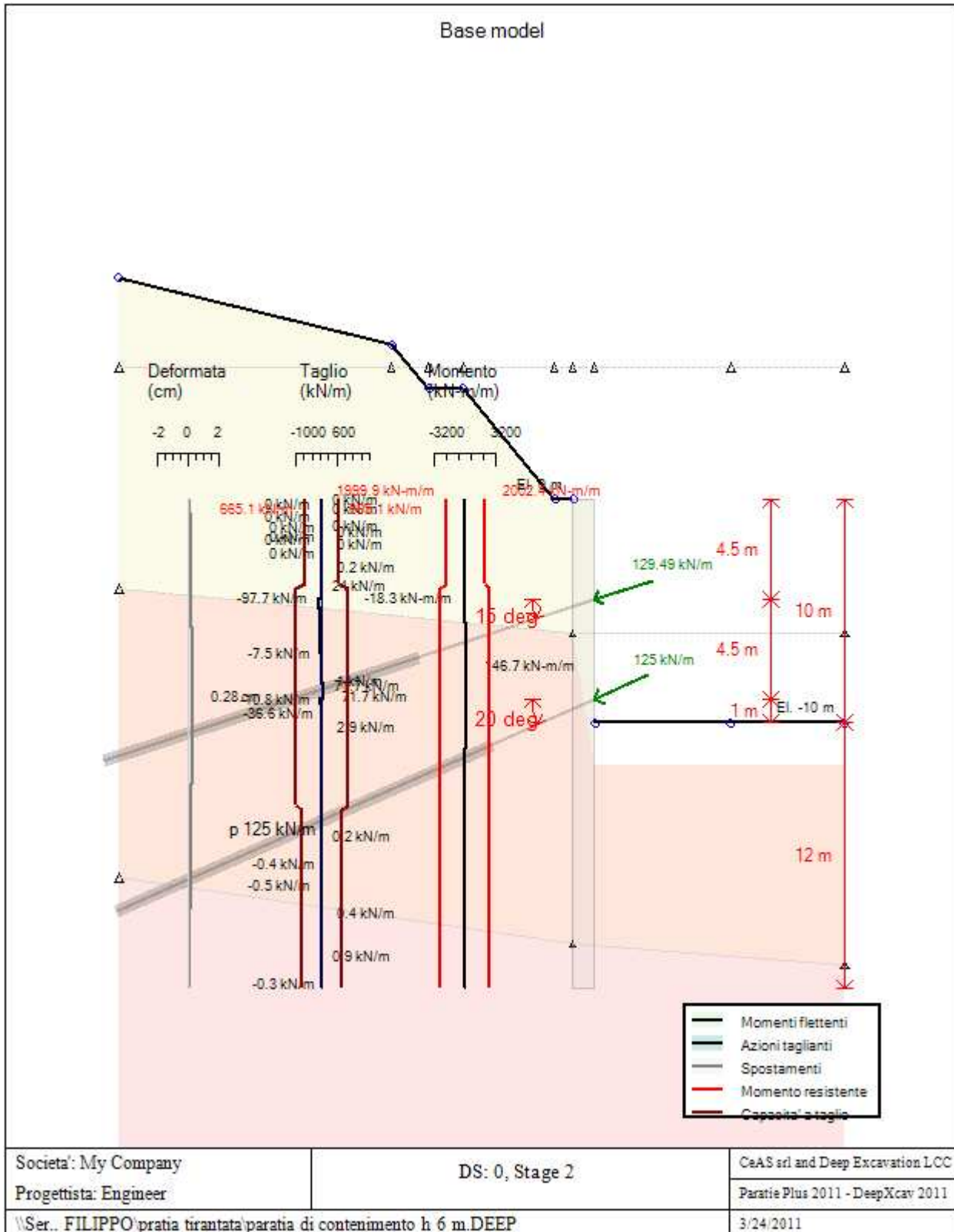


PROGETTO ESECUTIVO

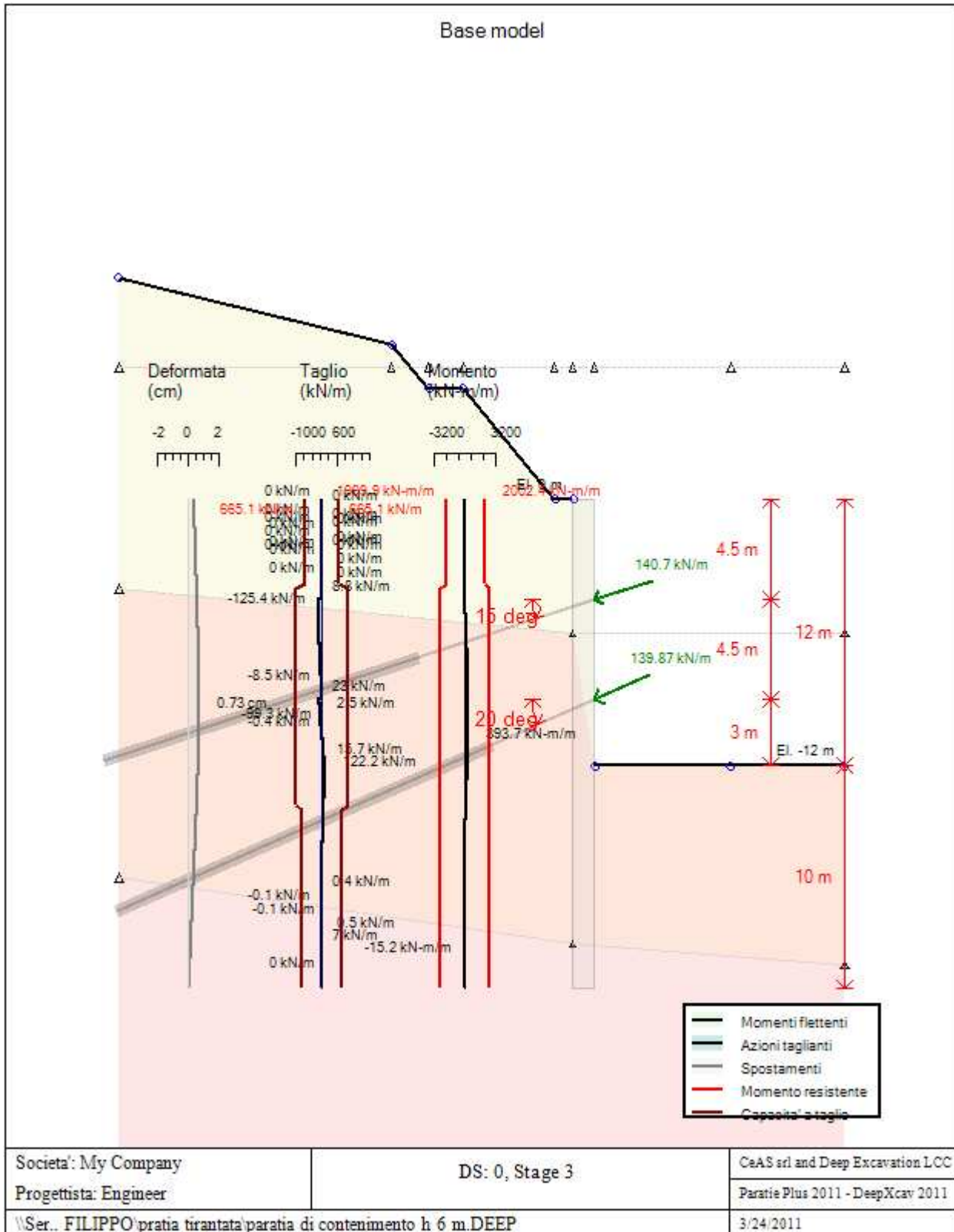




PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO

**DATI TERRENO**

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	NL	NL	NL	NL		Model	
STRATO 1	19.4	18	19	15	N/A	N/A	N/A	35000	105000	0.51	1.96	N/A	N/A	True	Linear	
STRATO 2	20	18	21.8	29	N/A	N/A	N/A	50000	150000	0.46	2.18	N/A	N/A	True	Linear	
STRATO 3	21	19	24.8	30	N/A	N/A	N/A	90000	270000	0.41	2.44	N/A	N/A	True	Linear	

Name	Poisson	Min Ka	Min sh	ko.NC	nOCR	aH.EXP	aV.EXP	qSkin	qNails	kS.nails	PL
	v	(clays)	(clays)	-	-	(0 to 1)	(0 to 1)	(kPa)	(kPa)	(kN/m3)	(MPa)
STRATO 1	0.35	-	-	0.674	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-
STRATO 2	0.35	-	-	0.629	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-
STRATO 3	0.35	-	-	0.581	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

**STRATIGRAFIA TERRENI**

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

K0=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 2, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
6	STRATO 1	1	0.67
-6	STRATO 2	1	0.63
-20	STRATO 3	1	0.58

**APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE**

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 34 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

Stage	Design Code	Design Case	F(tan)	F	F	F	F(perm)	F(temp)	F(perm)	F(temp)	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr)	(c')	(Su)	(EQ)	load)	load)	sup)	sup)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
0	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore azione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

## SOMMARIO RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICA

Di seguito si riportano una serie di tabelle in cui si riassumono:

- i peggiori risultati/verifiche tra tutte le analisi svolte
- i peggiori risultati/verifiche per singoli scenari di carico e per le singole fasi

### Summario di ogni approccio

Base model	Mom. paratia	Taglio paratia	Spost. paratia	Vincolo	Vincolo	Infissione	Commenti
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	Reazione (kN/m)	TSF critico	FS paratia	
Base model	393.66	125.43	0.73	140.7	0.573	2.169	Calculation successful
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	511.76	163.06	0.73	182.91	0.819	2.169	Calculation successful
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	690.65	217.43	5.33	263.98	1.182	1.427	Calculation successful, however items may be unsafe

### Sommario esteso

	Risultati di calcolo	Spost. paratia	Cedimenti	Mom. paratia	Mom. paratia
		(cm)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m)
Base model	Calculation successful	0.73	0.98	393.66	551.12

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 35 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Calculation successful	0.73	0.98	511.76	716.46
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Calculation successful, however items may be unsafe	5.33	5.24	690.65	966.91

	Taglio paratia	Taglio paratia	TSF combinato	TSF momento	TSF taglio	SLS cls
	(kN/m)	(kN)	/	/	/	Ver. tensionale
Base model	125.43	175.6	0.15	0.15	0.126	0.344
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	163.06	228.28	0.195	0.195	0.163	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	217.43	304.4	0.262	0.262	0.239	N/A

	SLS acciaio	Vincolo	Vincolo	Vincolo	Vincolo	Vincolo	FS
	Ver. tensionale	R max (kN/m)	R max (kN)	TSF GEO	TSF STR	Verifica pull out	Fondo scavo
Base model	0.201	140.7	393.96	0.573	0.29	0.573	3.221
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	182.91	512.15	0.819	0.377	0.819	3.221
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	263.98	739.14	1.182	0.544	1.182	2.577

	FS	FS piede	FS piede	Zcut	FS	FS	FS
	Passivo	Rotazione	Lunghezza	(Paratie)	Pass. mobilitata	Vera/Attiva	Sifonamento
Base model	N/A	N/A	N/A	N/A	2.169	1.035	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	N/A	N/A	N/A	2.169	1.035	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	N/A	N/A	N/A	1.427	1.022	N/A

Voci critiche

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
Wall Moment Check	0.262	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment (kN-m/m)	690.65	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment Capacity (kN-m/m)	2605.078	0: Base model	3: Stage 3	1: semplice	54
Wall Shear (kN/m)	217.43	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear (kN)	304.402	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Check	0.239	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Capacity (kN/m)	779.401	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Displacements (cm)	5.335	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	N/A
Surface Settlements (cm)	5.245	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 36 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

		A2+M2+R1			
Support Reaction (kN)	739.144	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
Support Reaction (kN/m)	263.98	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
Support Check	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
Support Check GEO	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
Support Check STR	0.544	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0

Risultati vincoli

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
1 Support Reaction	739.144	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
1 Support Reaction	263.98	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
1 Support Check	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
1 Support Check GEO	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
1 Support Check STR	0.544	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
2 Support Reaction	601.72	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	1
2 Support Reaction	214.9	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	1
2 Support Check	0.625	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1
2 Support Check GEO	0.625	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1
2 Support Check STR	0.443	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1

Risultati paratia

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
Wall Moment ABS (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment +M (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment -M (kN-m)	-283.794	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2: Stage 2	1: semplice	55
Wall Moment Check	0.262	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment Capacity (kN-m/m)	2605.078	0: Base model	3: Stage 3	1: semplice	54
Wall Shear (kN)	304.402	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Check	0.239	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Capacity (kN/m)	779.401	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71

Momento massimo per ogni fase

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
M stg0 (kN-m/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 37 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

M stg1 (kN-m/m)	-56.95	-74.04	-56.53
M stg2 (kN-m/m)	146.72	190.74	-202.71
M stg3 (kN-m/m)	393.66	511.76	690.65

Taglio massimo per ogni fase

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
V stg0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2
V stg1 (kN/m)	-58.85	-76.51	57.63
V stg2 (kN/m)	-97.66	-126.96	-127.02
V stg3 (kN/m)	-125.43	-163.06	-217.43

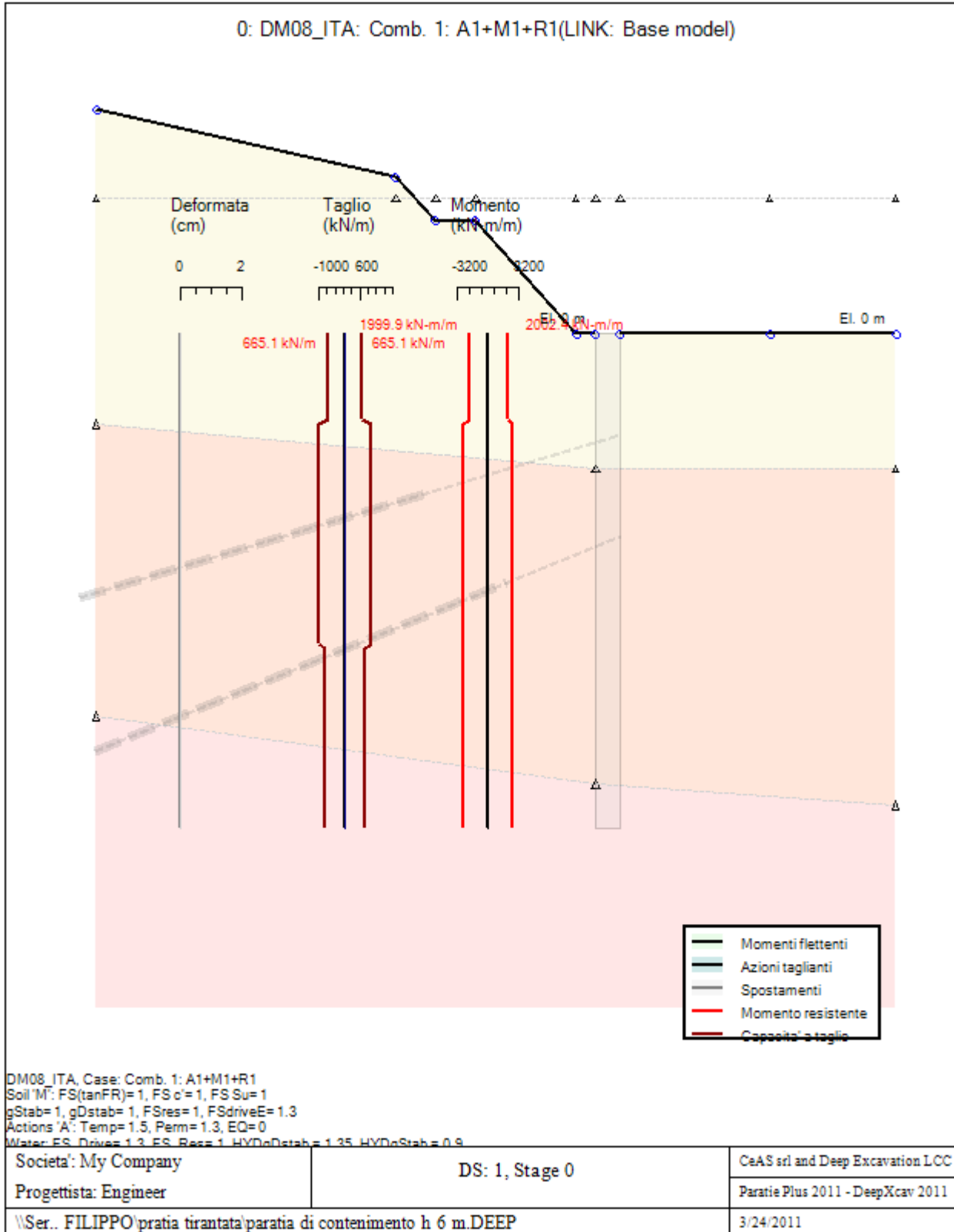
Massima reazione vincolare

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
Rmax Stage #0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2
Rmax Stage #1 (kN/m)	0	0	0
Rmax Stage #2 (kN/m)	129.49	168.34	170.38
Rmax Stage #3 (kN/m)	140.7	182.91	263.98

### 9.1.2 Risultati per la Design Section 1: 0: DM08\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1

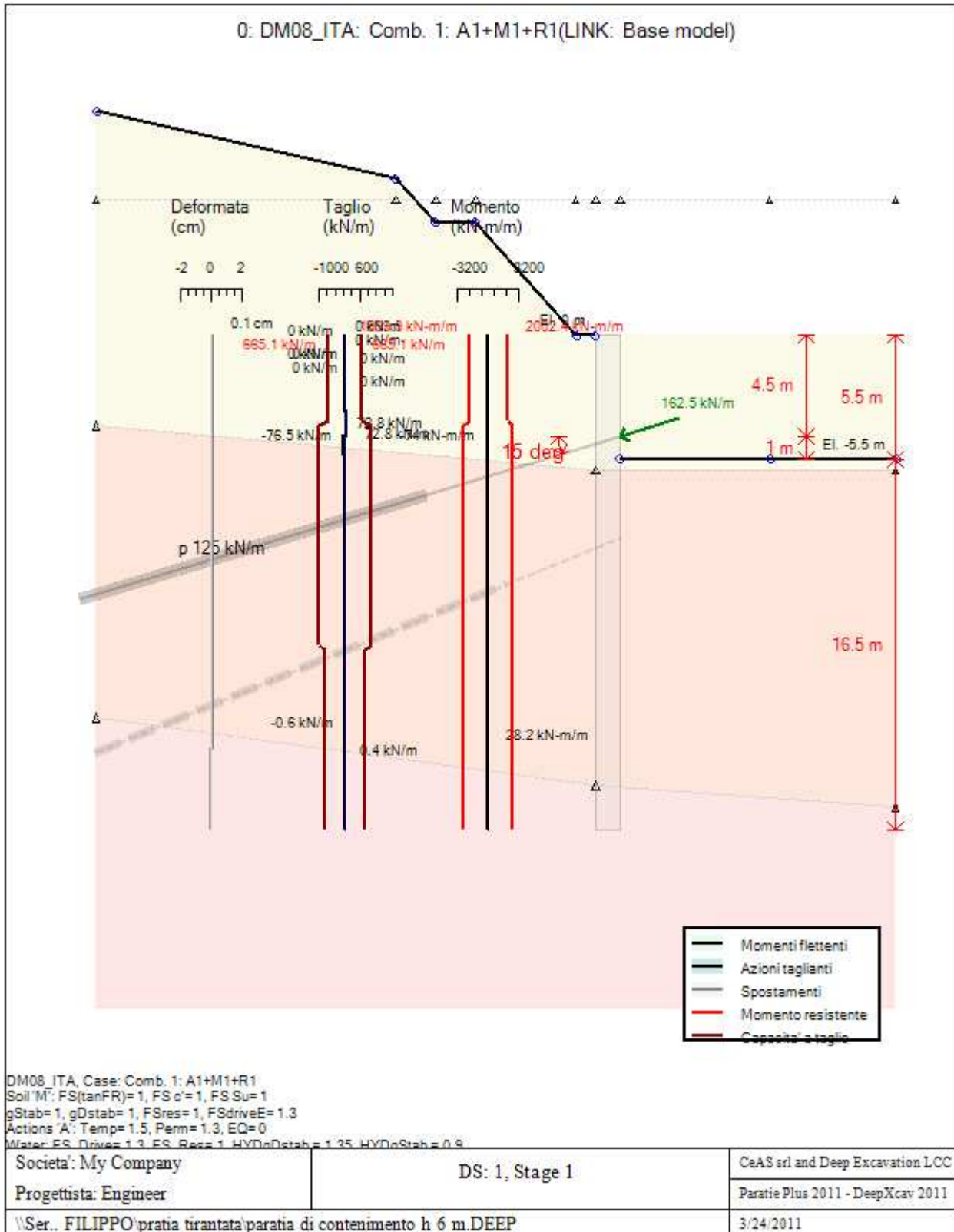
#### GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

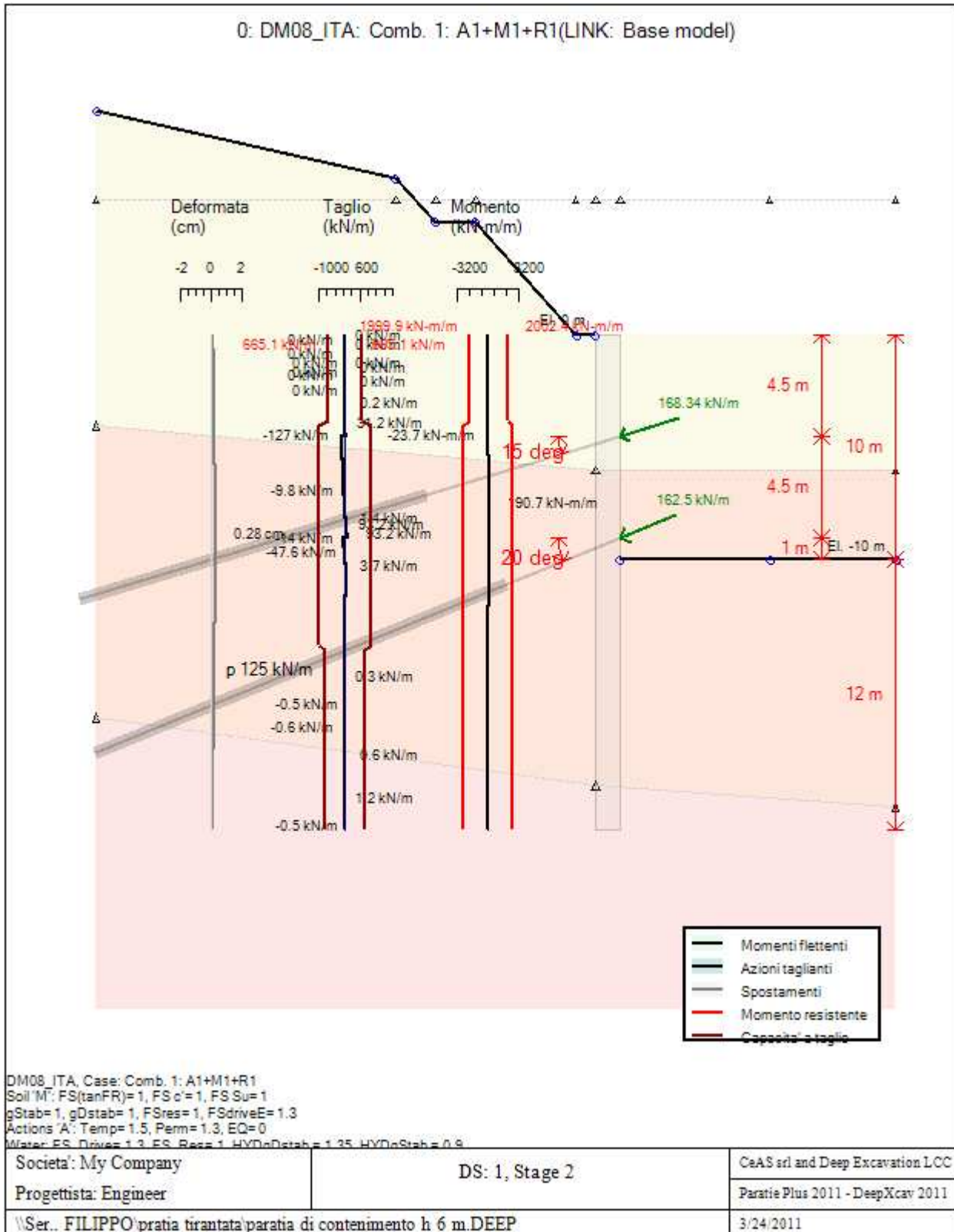




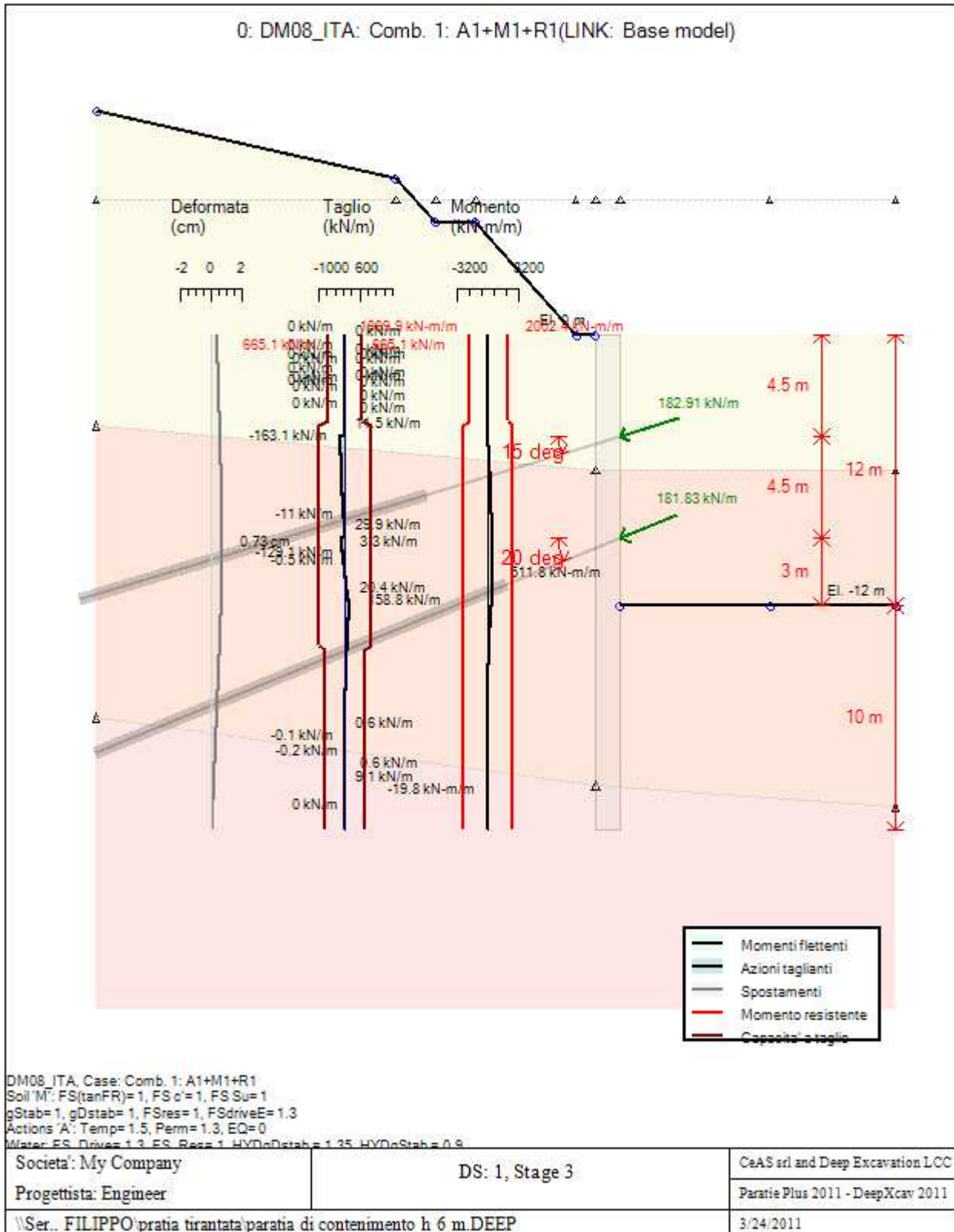
PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO

**DATI TERRENO**

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	NL	NL	NL	NL		Model	
STRATO 1	19.4	18	19	15	N/A	N/A	N/A	35000	105000	0.51	1.96	N/A	N/A	True	Linear	
STRATO 2	20	18	21.8	29	N/A	N/A	N/A	50000	150000	0.46	2.18	N/A	N/A	True	Linear	
STRATO 3	21	19	24.8	30	N/A	N/A	N/A	90000	270000	0.41	2.44	N/A	N/A	True	Linear	

Name	Poisson	Min Ka	Min sh	ko.NC	nOCR	aH.EXP	aV.EXP	qSkin	qNails	kS.nails	PL
	v	(clays)	(clays)	-	-	(0 to 1)	(0 to 1)	(kPa)	(kPa)	(kN/m3)	(MPa)
STRATO 1	0.35	-	-	0.674	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-
STRATO 2	0.35	-	-	0.629	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-
STRATO 3	0.35	-	-	0.581	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

**STRATIGRAFIA TERRENI**

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

K0=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 2, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
6	STRATO 1	1	0.67
-6	STRATO 2	1	0.63
-20	STRATO 3	1	0.58

**APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE**

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 43 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

Stage	Design Code	Design Case	F(tan)	F	F	F	F(perm)	F(temp)	F(perm)	F(temp)	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr)	(c')	(Su)	(EQ)	load)	load)	sup)	sup)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
0	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1
1	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1
2	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1
3	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

## SOMMARIO RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICA

Di seguito si riportano una serie di tabelle in cui si riassumono:

- i peggiori risultati/verifiche tra tutte le analisi svolte

- i peggiori risultati/verifiche per singoli scenari di carico e per le singole fasi

### Summario di ogni approccio

Base model	Mom. paratia	Taglio paratia	Spost. paratia	Vincolo	Vincolo	Infissione	Commenti
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	Reazione (kN/m)	TSF critico	FS paratia	
Base model	393.66	125.43	0.73	140.7	0.573	2.169	Calculation successful
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	511.76	163.06	0.73	182.91	0.819	2.169	Calculation successful
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	690.65	217.43	5.33	263.98	1.182	1.427	Calculation successful, however items may be unsafe

### Sommario esteso

	Risultati di calcolo	Spost. paratia	Cedimenti	Mom. paratia	Mom. paratia
		(cm)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m)
Base model	Calculation successful	0.73	0.98	393.66	551.12

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 44 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Calculation successful	0.73	0.98	511.76	716.46
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Calculation successful, however items may be unsafe	5.33	5.24	690.65	966.91

	Taglio paratia	Taglio paratia	TSF combinato	TSF momento	TSF taglio	SLS cls
	(kN/m)	(kN)	/	/	/	Ver. tensionale
Base model	125.43	175.6	0.15	0.15	0.126	0.344
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	163.06	228.28	0.195	0.195	0.163	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	217.43	304.4	0.262	0.262	0.239	N/A

	SLS acciaio	Vincolo	Vincolo	Vincolo	Vincolo	Vincolo	FS
	Ver. tensionale	R max (kN/m)	R max (kN)	TSF GEO	TSF STR	Verifica pull out	Fondo scavo
Base model	0.201	140.7	393.96	0.573	0.29	0.573	3.221
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	182.91	512.15	0.819	0.377	0.819	3.221
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	263.98	739.14	1.182	0.544	1.182	2.577

	FS	FS piede	FS piede	Zcut	FS	FS	FS
	Passivo	Rotazione	Lunghezza	(Paratie)	Pass. mobilitata	Vera/Attiva	Sifonamento
Base model	N/A	N/A	N/A	N/A	2.169	1.035	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	N/A	N/A	N/A	2.169	1.035	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	N/A	N/A	N/A	1.427	1.022	N/A

Voci critiche

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
Wall Moment Check	0.262	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment (kN-m/m)	690.65	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment Capacity (kN- m/m)	2605.078	0: Base model	3: Stage 3	1: semplice	54
Wall Shear (kN/m)	217.43	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear (kN)	304.402	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Check	0.239	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Capacity (kN/m)	779.401	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Displacements (cm)	5.335	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	N/A
Surface Settlements (cm)	5.245	2: 0: DM08_ITA: Comb.	3: Stage 3	1: semplice	0

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 45 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

		2: A2+M2+R1			
Support Reaction (kN)	739.144	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
Support Reaction (kN/m)	263.98	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
Support Check	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
Support Check GEO	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
Support Check STR	0.544	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0

Risultati vincoli

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
1 Support Reaction	739.144	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
1 Support Reaction	263.98	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
1 Support Check	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
1 Support Check GEO	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
1 Support Check STR	0.544	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
2 Support Reaction	601.72	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	1
2 Support Reaction	214.9	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	1
2 Support Check	0.625	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1
2 Support Check GEO	0.625	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1
2 Support Check STR	0.443	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1

Risultati paratia

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
Wall Moment ABS (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment +M (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment -M (kN-m)	-283.794	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2: Stage 2	1: semplice	55
Wall Moment Check	0.262	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment Capacity (kN-m/m)	2605.078	0: Base model	3: Stage 3	1: semplice	54
Wall Shear (kN)	304.402	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Check	0.239	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Capacity (kN/m)	779.401	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71

Momento massimo per ogni fase

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
M stg0 (kN-m/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 46 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

M stg1 (kN-m/m)	-56.95	-74.04	-56.53
M stg2 (kN-m/m)	146.72	190.74	-202.71
M stg3 (kN-m/m)	393.66	511.76	690.65

Taglio massimo per ogni fase

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
V stg0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2
V stg1 (kN/m)	-58.85	-76.51	57.63
V stg2 (kN/m)	-97.66	-126.96	-127.02
V stg3 (kN/m)	-125.43	-163.06	-217.43

Massima reazione vincolare

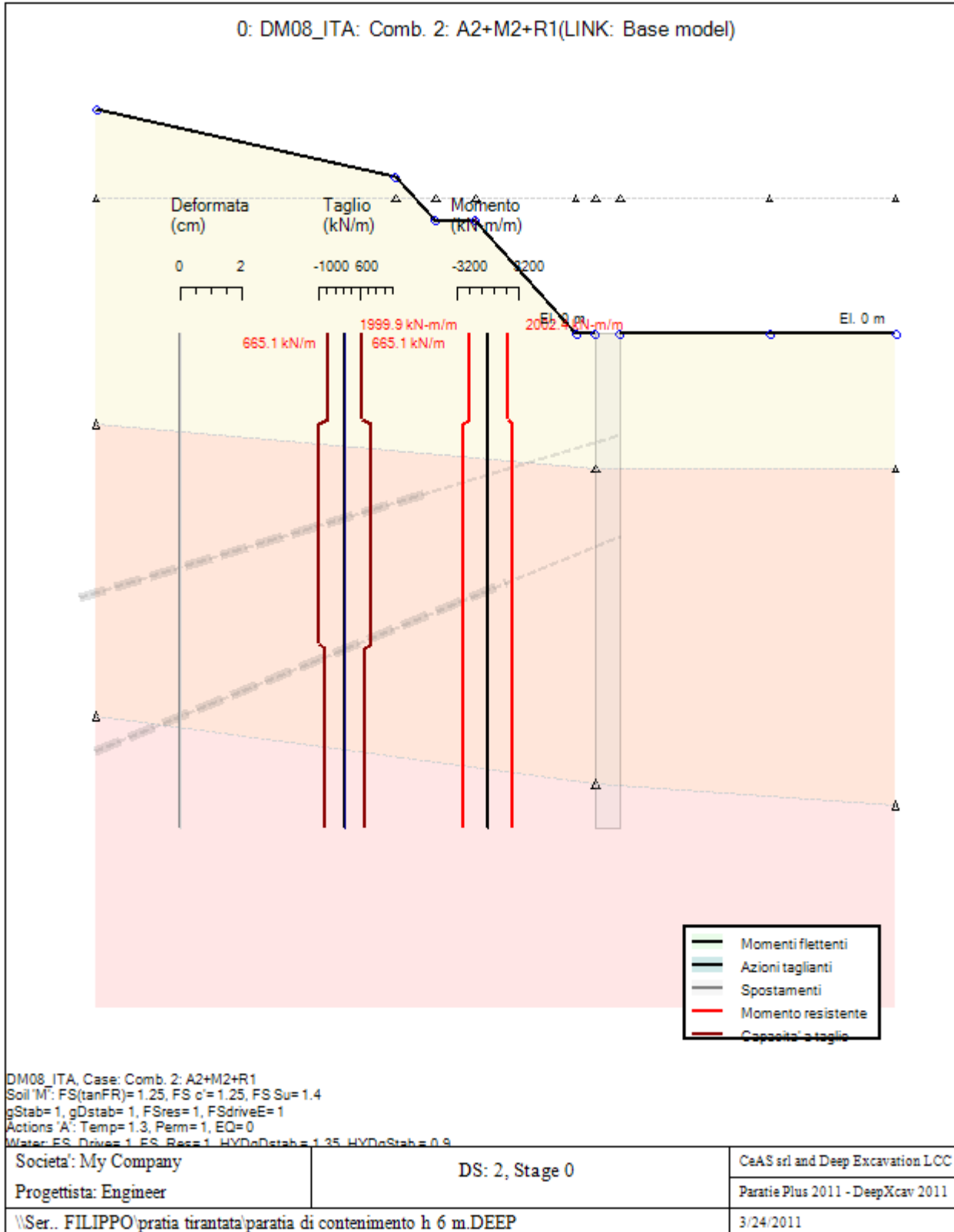
	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
Rmax Stage #0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2
Rmax Stage #1 (kN/m)	0	0	0
Rmax Stage #2 (kN/m)	129.49	168.34	170.38
Rmax Stage #3 (kN/m)	140.7	182.91	263.98



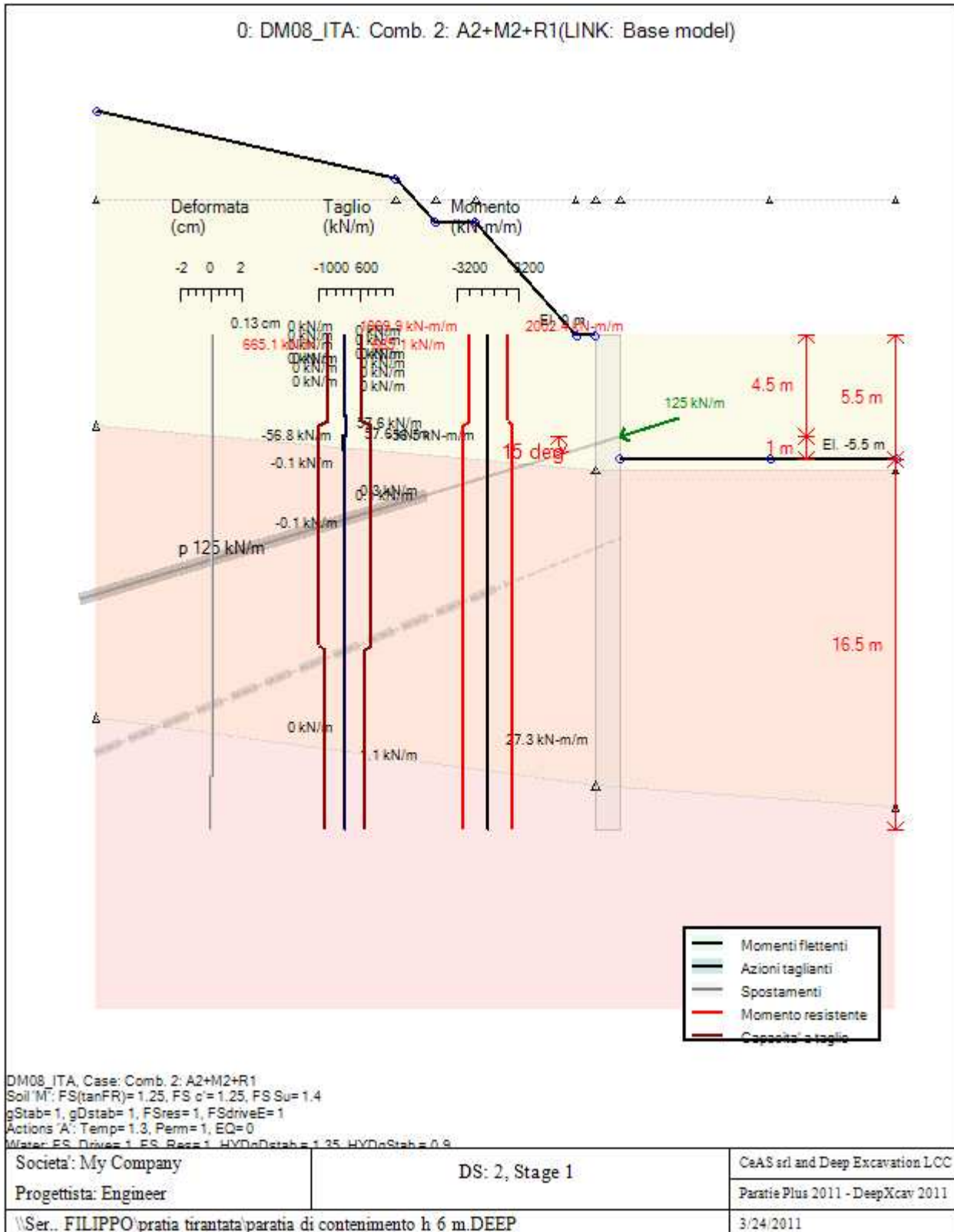
### 9.1.3 Risultati per la Design Section 2: 0: DM08\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

#### GRAFICI FASI DI SCAVO

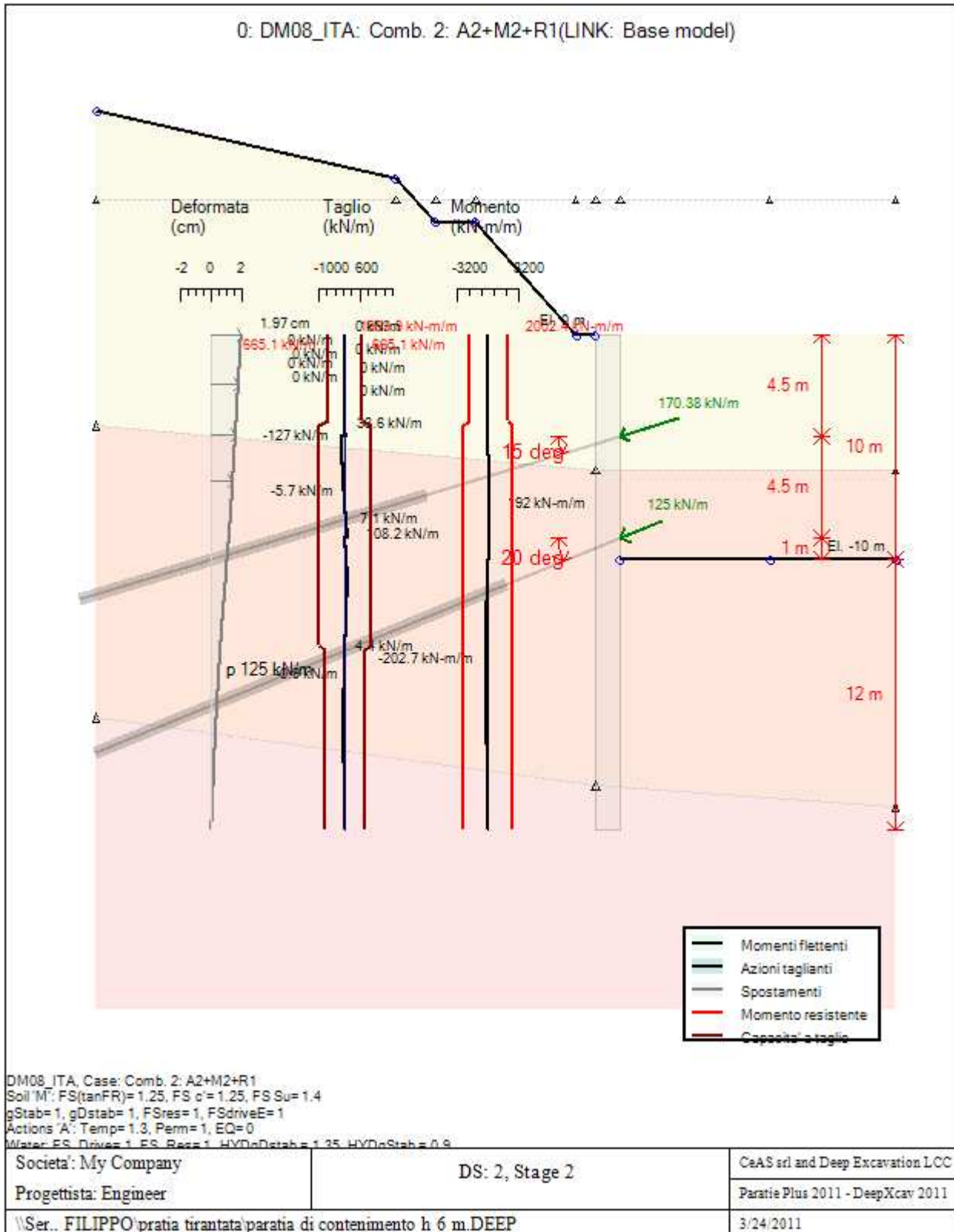
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



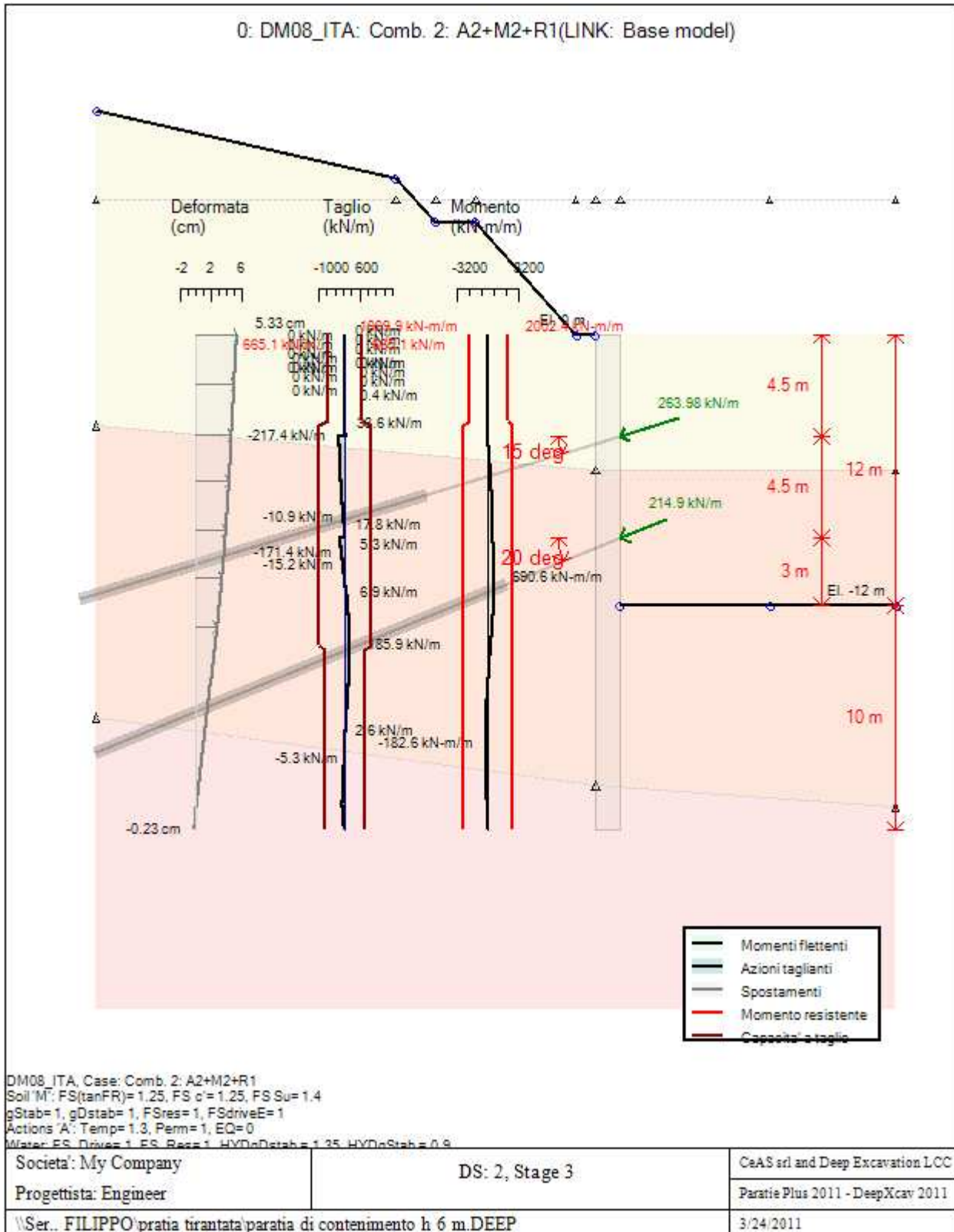
PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTO ESECUTIVO

**DATI TERRENO**

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	NL	NL	NL	NL		Model	
STRATO 1	19.4	18	19	15	N/A	N/A	N/A	35000	105000	0.51	1.96	N/A	N/A	True	Linear	
STRATO 2	20	18	21.8	29	N/A	N/A	N/A	50000	150000	0.46	2.18	N/A	N/A	True	Linear	
STRATO 3	21	19	24.8	30	N/A	N/A	N/A	90000	270000	0.41	2.44	N/A	N/A	True	Linear	

Name	Poisson	Min Ka	Min sh	ko.NC	nOCR	aH.EXP	aV.EXP	qSkin	qNails	kS.nails	PL
	v	(clays)	(clays)	-	-	(0 to 1)	(0 to 1)	(kPa)	(kPa)	(kN/m3)	(MPa)
STRATO 1	0.35	-	-	0.674	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-
STRATO 2	0.35	-	-	0.629	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-
STRATO 3	0.35	-	-	0.581	0.5	-	-	49	29.4	3143.04	-

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

**STRATIGRAFIA TERRENI**

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rapporto di sovraconsolidazione

K0=coefficiente di spinta a riposo

Nome: Boring 2, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
6	STRATO 1	1	0.67
-6	STRATO 2	1	0.63
-20	STRATO 3	1	0.58

**APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE**

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 52 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

Stage	Design Code	Design Case	F(tan)	F	F	F	F(perm)	F(temp)	F(perm)	F(temp)	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr)	(c')	(Su)	(EQ)	load)	load)	sup)	sup)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
0	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1
1	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1
2	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1
3	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

## SOMMARIO RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICA

Di seguito si riportano una serie di tabelle in cui si riassumono:

- i peggiori risultati/verifiche tra tutte le analisi svolte

- i peggiori risultati/verifiche per singoli scenari di carico e per le singole fasi

### Summario di ogni approccio

Base model	Mom. paratia	Taglio paratia	Spost. paratia	Vincolo	Vincolo	Infissione	Commenti
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	Reazione (kN/m)	TSF critico	FS paratia	
Base model	393.66	125.43	0.73	140.7	0.573	2.169	Calculation successful
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	511.76	163.06	0.73	182.91	0.819	2.169	Calculation successful
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	690.65	217.43	5.33	263.98	1.182	1.427	Calculation successful, however items may be unsafe

### Sommario esteso

	Risultati di calcolo	Spost. paratia	Cedimenti	Mom. paratia	Mom. paratia
		(cm)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m)
Base model	Calculation successful	0.73	0.98	393.66	551.12

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 53 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	Calculation successful	0.73	0.98	511.76	716.46
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	Calculation successful, however items may be unsafe	5.33	5.24	690.65	966.91

	Taglio paratia	Taglio paratia	TSF combinato	TSF momento	TSF taglio	SLS cls
	(kN/m)	(kN)	/	/	/	Ver. tensionale
Base model	125.43	175.6	0.15	0.15	0.126	0.344
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	163.06	228.28	0.195	0.195	0.163	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	217.43	304.4	0.262	0.262	0.239	N/A

	SLS acciaio	Vincolo	Vincolo	Vincolo	Vincolo	Vincolo	FS
	Ver. tensionale	R max (kN/m)	R max (kN)	TSF GEO	TSF STR	Verifica pull out	Fondo scavo
Base model	0.201	140.7	393.96	0.573	0.29	0.573	3.221
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	182.91	512.15	0.819	0.377	0.819	3.221
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	263.98	739.14	1.182	0.544	1.182	2.577

	FS	FS piede	FS piede	Zcut	FS	FS	FS
	Passivo	Rotazione	Lunghezza	(Paratie)	Pass. mobilitata	Vera/Attiva	Sifonamento
Base model	N/A	N/A	N/A	N/A	2.169	1.035	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	N/A	N/A	N/A	N/A	2.169	1.035	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	N/A	N/A	N/A	1.427	1.022	N/A

Voci critiche

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
Wall Moment Check	0.262	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment (kN-m/m)	690.65	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment Capacity (kN- m/m)	2605.078	0: Base model	3: Stage 3	1: semplice	54
Wall Shear (kN/m)	217.43	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear (kN)	304.402	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Check	0.239	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Capacity (kN/m)	779.401	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Displacements (cm)	5.335	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	N/A
Surface Settlements (cm)	5.245	2: 0: DM08_ITA: Comb.	3: Stage 3	1: semplice	0

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 54 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

		2: A2+M2+R1			
Support Reaction (kN)	739.144	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
Support Reaction (kN/m)	263.98	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
Support Check	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
Support Check GEO	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
Support Check STR	0.544	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0

Risultati vincoli

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
1 Support Reaction	739.144	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
1 Support Reaction	263.98	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	0
1 Support Check	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
1 Support Check GEO	1.182	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
1 Support Check STR	0.544	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	0
2 Support Reaction	601.72	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	1
2 Support Reaction	214.9	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	N/A	1: semplice	1
2 Support Check	0.625	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1
2 Support Check GEO	0.625	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1
2 Support Check STR	0.443	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	1

Risultati paratia

	Valore critico	Approccio di progetto	Fase critica	Paratia critica	Indice voci critiche
Wall Moment ABS (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment +M (kN-m)	966.91	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment -M (kN-m)	-283.794	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	2: Stage 2	1: semplice	55
Wall Moment Check	0.262	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	55
Wall Moment Capacity (kN-m/m)	2605.078	0: Base model	3: Stage 3	1: semplice	54
Wall Shear (kN)	304.402	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Check	0.239	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71
Wall Shear Capacity (kN/m)	779.401	2: 0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	3: Stage 3	1: semplice	71

Momento massimo per ogni fase

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
M stg0 (kN-m/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 55 di 83



PROGETTO ESECUTIVO

M stg1 (kN-m/m)	-56.95	-74.04	-56.53
M stg2 (kN-m/m)	146.72	190.74	-202.71
M stg3 (kN-m/m)	393.66	511.76	690.65

Taglio massimo per ogni fase

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
V stg0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2
V stg1 (kN/m)	-58.85	-76.51	57.63
V stg2 (kN/m)	-97.66	-126.96	-127.02
V stg3 (kN/m)	-125.43	-163.06	-217.43

Massima reazione vincolare

	Approccio di base	DS: 1	DS: 2
Rmax Stage #0 (kN/m)	DS: 0	DS: 1	DS: 2
Rmax Stage #1 (kN/m)	0	0	0
Rmax Stage #2 (kN/m)	129.49	168.34	170.38
Rmax Stage #3 (kN/m)	140.7	182.91	263.98

## 10 ANALISI STRUTTURALE DELLA GALLERIA

Per determinare le sollecitazioni e condurre le verifiche del manufatto in c.a. per la canna della galleria, si è modellato, mediante il codice di calcolo SAP2000, la sezione trasversale con elementi finiti monodimensionali tipo "beam" disposti lungo il piano medio della stessa, di spessore costante pari a

Elementi	Spessore (m)
Soletta di fondazione	1.5
Piedritti laterali	1.7 - 1.3 - 1.1
Calotta	1.1

L'asse della calotta ha un raggio di 7.00 metri.

Si riportano le sollecitazioni e le verifiche delle solette e dei piedritti, precisando che sono riferite a strisce di 1 m. Si analizza un modello di calcolo assumendo un ricoprimento di terreno massimi pari a 3,5 metri.

La soletta di fondazione è modellata come una trave su suolo elastico alla Winkler.

Gli effetti indotti dalle azioni sismiche sono calcolati mediante analisi-lineare statica, applicando al modello le forze statiche equivalenti alle forze d'inerzia dovute al sisma.

### 10.1 Analisi e combinazioni dei carichi

#### 10.1.1 Peso proprio della struttura (G1)

Il peso proprio della struttura è ricavato automaticamente dal codice di calcolo assumendo un peso specifico del calcestruzzo pari a  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

#### 10.1.2 Peso del terreno di ricoprimento e relativa spinta laterale (G2 e ST)

Il terreno di ricoprimento esercita su ogni elemento della calotta e dei piedritti una pressione sia verticale che orizzontale, il cui valore dipende dall'altezza del ricoprimento sull'elemento in esame e dalla sua inclinazione rispetto all'orizzontale.

Le figure seguenti illustrano il calcolo di tali pressioni per un generico elemento; le tabelle successive riportano i valori calcolati per ogni elemento con le diverse altezze di rinterro considerate. In un elemento generico inclinato di un angolo  $\alpha$  rispetto all'orizzontale agiscono contemporaneamente un'azione verticale dovuta al peso del terreno e un'azione orizzontale dovuta alla spinta del terreno. Queste azioni vanno proiettate lungo l'asta. Naturalmente un'asta verticale è soggetta solo alla spinta del terreno e un'asta orizzontale è soggetta solo al peso del ricoprimento.

Il carico distribuito del terreno di ricoprimento della struttura viene ricavato adottando un peso specifico pari a  $19 \text{ kN/m}^3$ . La spinta laterale è calcolata con il coefficiente di spinta a riposo  $k_0$ .

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 57 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

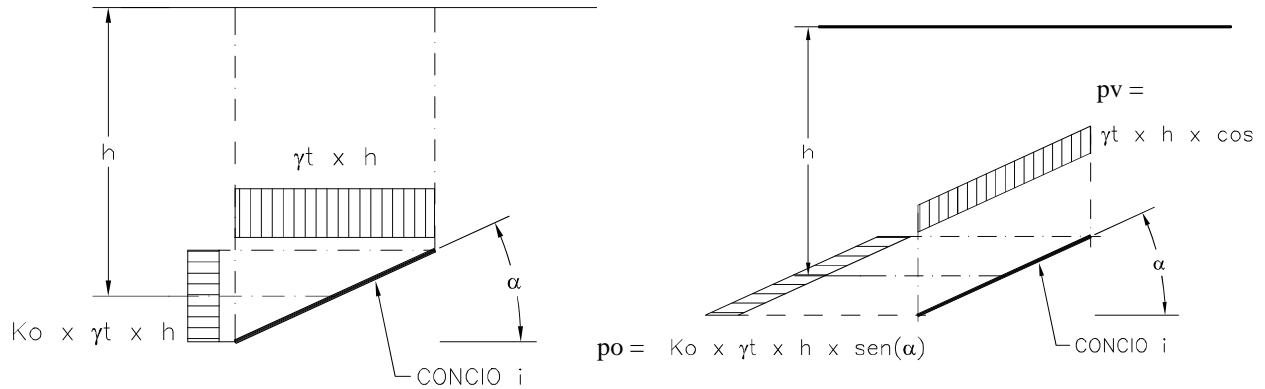


Figura 7 – Risultante dei carichi agenti e modalità di proiezione

Elemento N°	alfa [°]	pressione [kN/mq]	po [kN/mq]	pv [kN/mq]
6-7	84.96	183.63	105.62	16.13
7-8	77.51	169.95	95.80	36.75
8-9	71.49	156.55	85.71	49.70
9-10	63.7	139.60	72.26	61.85
10-11	52.43	117.23	53.65	71.48
11-12	40.41	97.62	36.54	74.33
12-13	30.35	84.32	24.60	72.76
13-14	21.27	75.27	15.77	70.14
14-15	12.73	69.59	8.85	67.88
15-16	4.49	66.84	3.02	66.63
16-36	4.49	66.84	3.02	66.63
36-37	12.73	69.59	8.85	67.88
37-38	21.27	75.27	15.77	70.14
38-39	30.35	84.32	24.60	72.76
39-40	40.41	97.62	36.54	74.33
40-41	52.43	117.23	53.65	71.48
41-42	63.7	139.60	72.26	61.85
42-43	71.49	156.55	85.71	49.70
43-44	77.51	169.95	95.80	36.75
44-3	84.96	183.63	105.62	16.13

Piedritto sx

Elemento N°	alfa [°]	h [m]	pres-min [kN/mq]	pres-max [kN/mq]
55-6	90	1.04	199.50	219.29
55-56	90	1.08	219.29	239.88
1-56	90	1.13	239.88	261.25

Piedritto sx

PROGETTO ESECUTIVO

Elemento	alfa	h	pres-min	pres-max
N°	[°]	[m]	[kN/mq]	[kN/mq]
3-59	90	1.04	199.50	219.29
59-60	90	1.08	219.29	239.88
60-5	90	1.13	239.88	261.25

### 10.1.3 Azione sismica

I valori dei moltiplicatori delle masse, sia in direzione orizzontale  $S_d(T)$  sia in quella verticale  $S_{dv}(T)$ , sono indicati nella seguente tabella:

<b>Stato Limite</b>	<b><math>S_d(T)</math></b>	<b><math>S_{dv}(T)</math></b>
	[g]	[g]
<b>SLD</b>	0.066	0.013
<b>SLV</b>	0.137	0.037

#### 10.1.3.1 Incremento sismico delle spinte orizzontali del terreno ( $k_h$ )

Nell'analisi pseudo-statica l'incremento sismico della spinta del terreno è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per il coefficiente  $k_h$  dato dall'espressione:

$$k_h = \beta_m \cdot S \cdot a_g / g$$

Considerando che il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario, nel caso di opere che non subiscano movimenti relativi rispetto al terreno come può essere assunta la galleria in oggetto, almeno in prima approssimazione, nella seguente tabella si riportano i valori di  $K_h$  relativi agli stati limite in esame:

<b>Stato Limite</b>	<b><math>a_g</math></b>	<b>S</b>	<b><math>K_h</math></b>
	[g]		
<b>SLD</b>	0.044	1.5	0.066
<b>SLV</b>	0.091	1.5	0.137

### 10.1.4 Combinazioni delle azioni

Nella tabella che segue sono riportate le 6 combinazioni delle azioni prese in esame:

- CA1, CA2, CA3 agli Stati Limiti Ultimi
- CA4, CA5, CA6 Stati Limiti d'Esercizio.

con riferimento allo stato limite di resistenza della struttura, compresi gli elementi di fondazione (STR - Approccio 2).

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 59 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

		COMBINAZIONI DELLE AZIONI APPROCCIO 2 ( A1 + M1 + R3 )					
		G1	G2	ST	EV (G1,G2)	EH (G1)	EH (ST)
SLU	CA1	1.3	1.5	1.5	0	0	0
SLV	CA2	1	1	1	0.037	0.137	0.137
SLV	CA3	1	1	1	-0.037	0.137	0.137
SLE	CA4	1	1	1	0	0	0
SLD	CA5	1	1	1	0.013	0.066	0.066
SLD	CA6	1	1	1	-0.013	0.066	0.066

La colonna EV contiene i valori degli spettri di progetto direzione verticale  $S_{dv}(T)$ , da applicarsi alle masse G1 e G2, mentre le colonne EH contengono i valori degli spettri di progetto direzione orizzontale  $S_d(T)$ , da applicarsi alla massa G1 ed alle spinte ST.

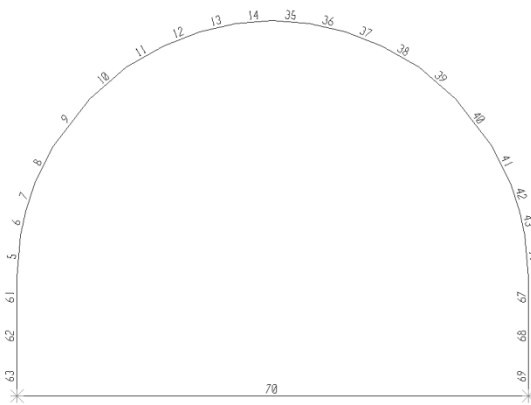


Figura 8 – Schema unifilare del modello di calcolo – numerazione elementi

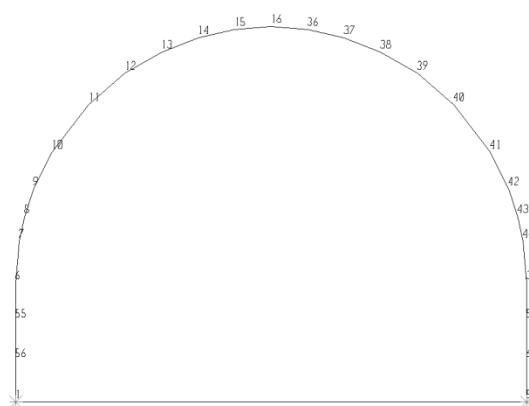


Figura 9 – Schema unifilare del modello di calcolo – numerazione nodi

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 60 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

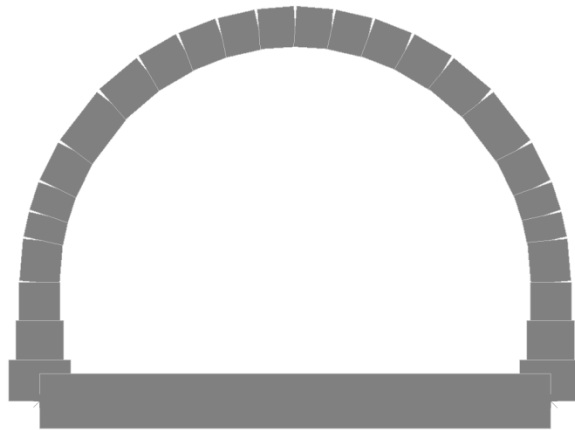


Figura 10 – Modello di calcolo agli elementi finiti

Nelle seguenti immagini sono indicati i diagrammi qualitativi delle sollecitazioni

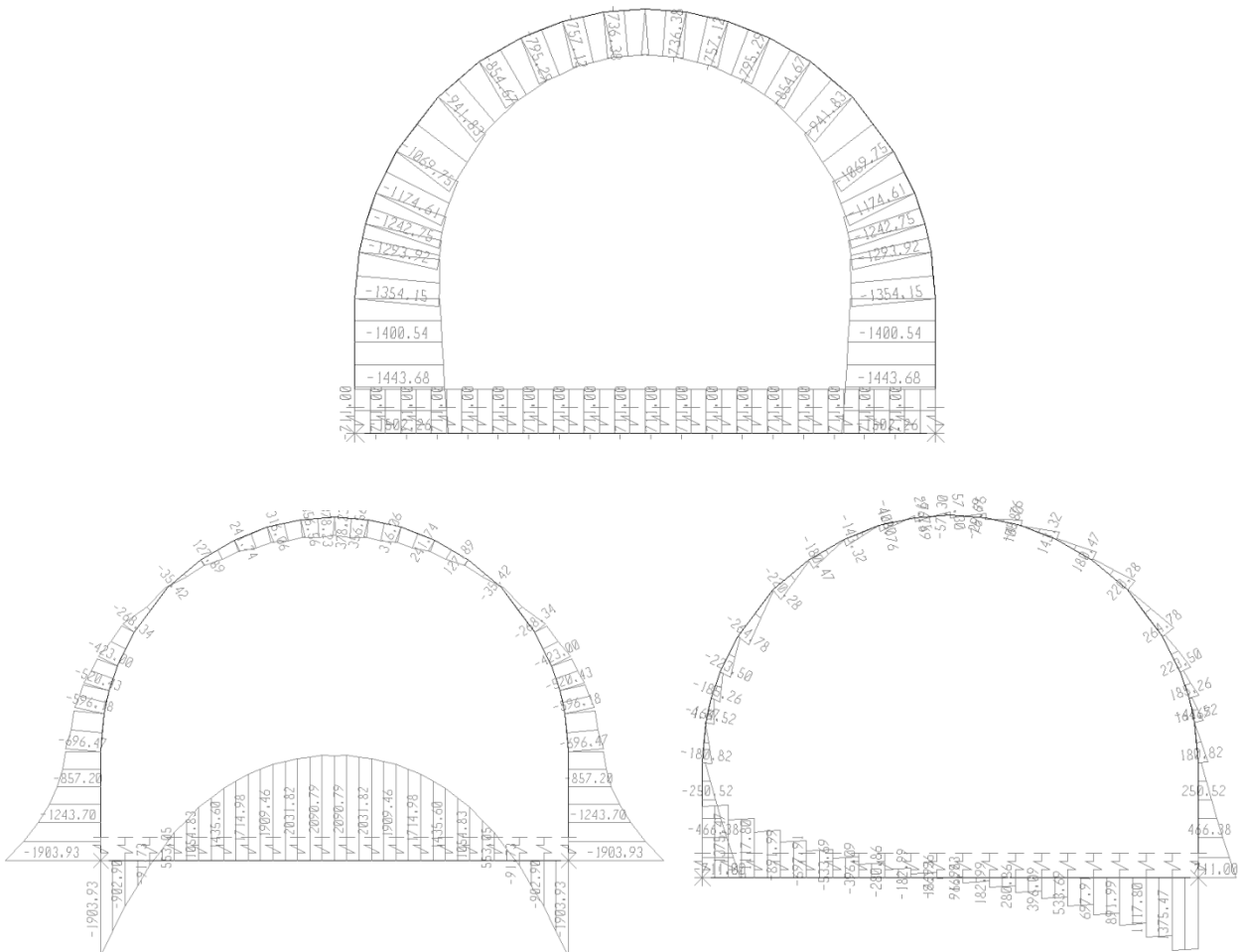


Figura 11 – Diagrammi qualitativi di sforzo normale, momento flettente e taglio

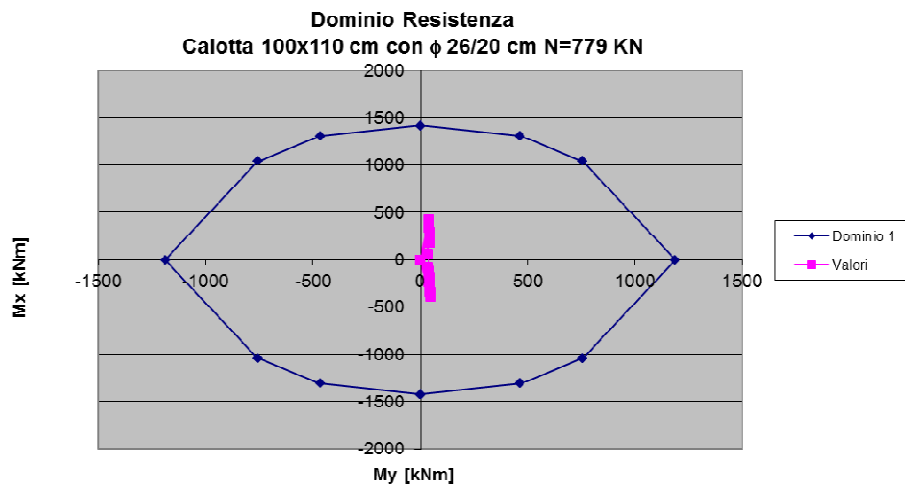
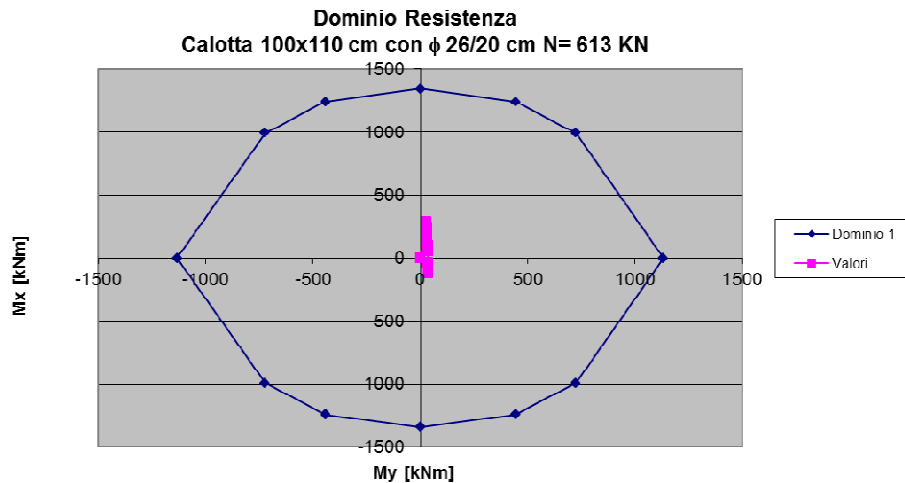
Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 61 di 83

## 10.2 Verifica del manufatto per la galleria

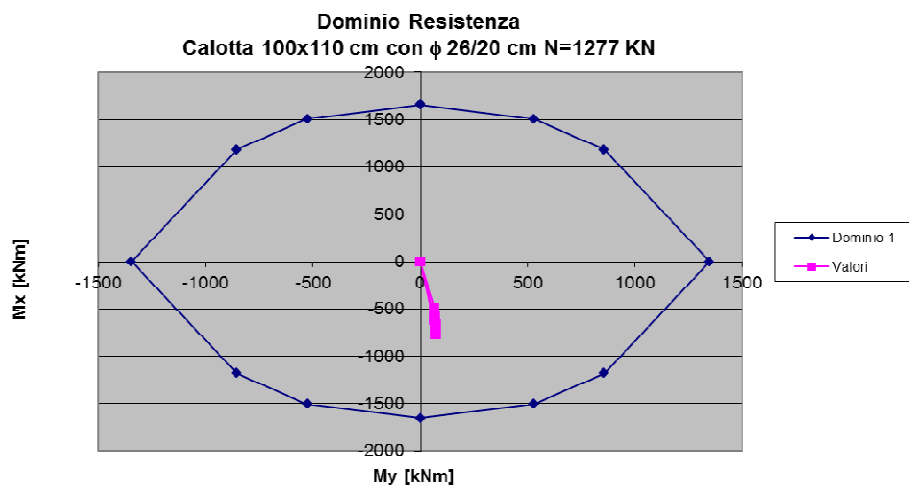
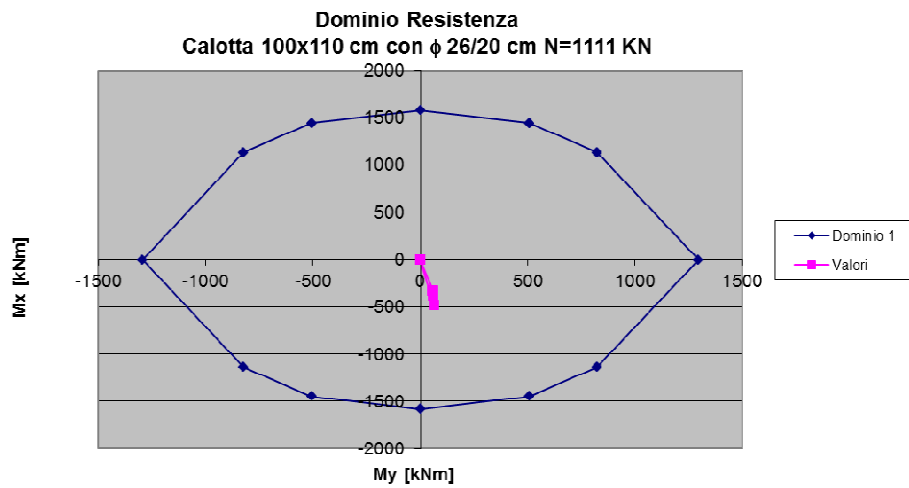
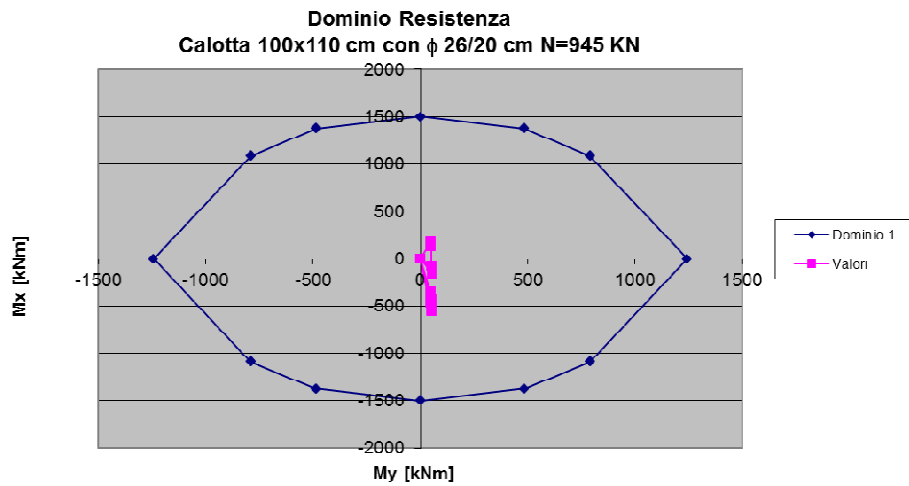
### 10.2.1 Verifiche della soletta di copertura

#### 10.2.1.1 Verifiche allo SLU e allo SLV

La verifica delle sezioni presso inflesse si conduce, verificando che le azioni sollecitanti risultino interne al dominio resistente della sezione, così come si può osservare nelle seguenti immagini.



PROGETTO ESECUTIVO





PROGETTO ESECUTIVO

Nella seguente tabella si riportano i risultati della verifica a taglio della soletta di copertura.

Frame	Station	OutputCase	V <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
Text	m	Text	KN	KN	KN	
5	0.00	SLU-CA1	-180.82	-1354.15	536.81	<b>2.97</b>
5	0.57	SLU-CA1	-88.074	-1329.24	533.28	<b>6.05</b>
5	1.14	SLU-CA1	4.672	-1304.33	529.76	<b>113.39</b>
5	0.00	SLV-CA2	-106.886	-998.367	486.50	<b>4.55</b>
5	0.57	SLV-CA2	-36.646	-980.185	483.92	<b>13.21</b>
5	1.14	SLV-CA2	33.593	-962.004	481.35	<b>14.33</b>
5	0.00	SLV-CA3	-109.573	-928.813	476.66	<b>4.35</b>
5	0.57	SLV-CA3	-39.393	-911.308	474.18	<b>12.04</b>
5	1.14	SLV-CA3	30.787	-893.803	471.71	<b>15.32</b>
6	0.00	SLU-CA1	-164.521	-1293.92	528.29	<b>3.21</b>
6	0.35	SLU-CA1	-109.204	-1274.63	525.56	<b>4.81</b>
6	0.69	SLU-CA1	-53.888	-1255.33	522.83	<b>9.70</b>
6	0.00	SLV-CA2	-94.436	-956.674	480.60	<b>5.09</b>
6	0.35	SLV-CA2	-52.753	-943.164	478.69	<b>9.07</b>
6	0.69	SLV-CA2	-11.07	-929.654	476.78	<b>43.07</b>
6	0.00	SLV-CA3	-88.754	-890.402	471.23	<b>5.31</b>
6	0.35	SLV-CA3	-47.275	-877.813	469.45	<b>9.93</b>
6	0.69	SLV-CA3	-5.796	-865.223	467.67	<b>80.69</b>
7	0.00	SLU-CA1	-185.263	-1242.75	521.05	<b>2.81</b>
7	0.39	SLU-CA1	-123.733	-1218.41	517.61	<b>4.18</b>
7	0.79	SLU-CA1	-62.202	-1194.07	514.17	<b>8.27</b>
7	0.00	SLV-CA2	-110.791	-921.856	475.68	<b>4.29</b>
7	0.39	SLV-CA2	-64.724	-905.118	473.31	<b>7.31</b>
7	0.79	SLV-CA2	-18.658	-888.38	470.94	<b>25.24</b>
7	0.00	SLV-CA3	-99.238	-859.681	466.88	<b>4.70</b>
7	0.39	SLV-CA3	-53.632	-844.316	464.71	<b>8.66</b>
7	0.79	SLV-CA3	-8.025	-828.951	462.54	<b>57.64</b>
8	0.00	SLU-CA1	-223.505	-1174.61	511.42	<b>2.29</b>
8	0.56	SLU-CA1	-137.065	-1137.74	506.20	<b>3.69</b>
8	1.13	SLU-CA1	-50.625	-1100.87	500.99	<b>9.90</b>
8	0.00	SLV-CA2	-141.565	-875.317	469.09	<b>3.31</b>
8	0.56	SLV-CA2	-77.495	-850.307	465.56	<b>6.01</b>
8	1.13	SLV-CA2	-13.425	-825.297	462.02	<b>34.42</b>
8	0.00	SLV-CA3	-123.788	-819.527	461.21	<b>3.73</b>
8	0.56	SLV-CA3	-60.862	-796.831	458.00	<b>7.53</b>
8	1.13	SLV-CA3	2.063	-774.136	454.79	<b>220.45</b>
9	0.00	SLU-CA1	-264.781	-1069.75	496.59	<b>1.88</b>
9	0.82	SLU-CA1	-142.02	-1018.4	489.33	<b>3.45</b>
9	1.64	SLU-CA1	-19.259	-967.055	482.07	<b>25.03</b>
9	0.00	SLV-CA2	-177.533	-802.71	458.83	<b>2.58</b>
9	0.82	SLV-CA2	-87.865	-768.188	453.95	<b>5.17</b>
9	1.64	SLV-CA2	1.803	-733.666	449.06	<b>249.06</b>
9	0.00	SLV-CA3	-153.965	-757.668	452.46	<b>2.94</b>
9	0.82	SLV-CA3	-66.942	-726.584	448.06	<b>6.69</b>
9	1.64	SLV-CA3	20.081	-695.5	443.67	<b>22.09</b>
10	0.00	SLU-CA1	-220.282	-941.829	478.50	<b>2.17</b>
10	0.66	SLU-CA1	-124.359	-907.439	473.64	<b>3.81</b>
10	1.31	SLU-CA1	-28.436	-873.049	468.77	<b>16.49</b>

PROGETTO ESECUTIVO

10	0.00	SLV-CA2	-153.386	-713.035	446.15	<b>2.91</b>
10	0.66	SLV-CA2	-84.204	-689.97	442.88	<b>5.26</b>
10	1.31	SLV-CA2	-15.021	-666.905	439.62	<b>29.27</b>
10	0.00	SLV-CA3	-129.716	-681.35	441.67	<b>3.40</b>
10	0.66	SLV-CA3	-63.284	-660.626	438.74	<b>6.93</b>
10	1.31	SLV-CA3	3.148	-639.902	435.80	<b>138.44</b>
11	0.00	SLU-CA1	-180.471	-854.666	466.17	<b>2.58</b>
11	0.58	SLU-CA1	-98.252	-831.304	462.87	<b>4.71</b>
11	1.16	SLU-CA1	-16.032	-807.941	459.57	<b>28.67</b>
11	0.00	SLV-CA2	-132.456	-649.644	437.18	<b>3.30</b>
11	0.58	SLV-CA2	-73.583	-633.955	434.96	<b>5.91</b>
11	1.16	SLV-CA2	-14.709	-618.265	432.75	<b>29.42</b>
11	0.00	SLV-CA3	-111.896	-627.428	434.04	<b>3.88</b>
11	0.58	SLV-CA3	-55.715	-613.314	432.05	<b>7.75</b>
11	1.16	SLV-CA3	0.466	-599.201	430.05	<b>922.85</b>
12	0.00	SLU-CA1	-143.315	-795.29	457.78	<b>3.19</b>
12	0.54	SLU-CA1	-69.259	-780.083	455.63	<b>6.58</b>
12	1.07	SLU-CA1	4.798	-764.875	453.48	<b>94.51</b>
12	0.00	SLV-CA2	-112.52	-604.117	430.74	<b>3.83</b>
12	0.54	SLV-CA2	-59.703	-593.881	429.30	<b>7.19</b>
12	1.07	SLV-CA2	-6.886	-583.645	427.85	<b>62.13</b>
12	0.00	SLV-CA3	-96.522	-588.463	428.53	<b>4.44</b>
12	0.54	SLV-CA3	-46.3	-579.237	427.23	<b>9.23</b>
12	1.07	SLV-CA3	3.922	-570.011	425.92	<b>108.60</b>
13	0.00	SLU-CA1	-108.763	-757.118	452.38	<b>4.16</b>
13	0.51	SLU-CA1	-39.505	-748.443	451.15	<b>11.42</b>
13	1.03	SLU-CA1	29.752	-739.767	449.93	<b>15.12</b>
13	0.00	SLV-CA2	-93.263	-572.304	426.25	<b>4.57</b>
13	0.51	SLV-CA2	-43.97	-566.452	425.42	<b>9.68</b>
13	1.03	SLV-CA2	5.323	-560.6	424.59	<b>79.77</b>
13	0.00	SLV-CA3	-82.515	-560.869	424.63	<b>5.15</b>
13	0.51	SLV-CA3	-35.734	-555.584	423.88	<b>11.86</b>
13	1.03	SLV-CA3	11.047	-550.3	423.13	<b>38.30</b>
14	0.00	SLU-CA1	-76.693	-736.382	449.45	<b>5.86</b>
14	0.50	SLU-CA1	-9.695	-733.405	449.03	<b>46.32</b>
14	1.00	SLU-CA1	57.303	-730.428	448.61	<b>7.83</b>
14	0.00	SLV-CA2	-74.476	-551.897	423.36	<b>5.68</b>
14	0.50	SLV-CA2	-26.834	-549.886	423.08	<b>15.77</b>
14	1.00	SLV-CA2	20.808	-547.876	422.79	<b>20.32</b>
14	0.00	SLV-CA3	-69.273	-542.677	422.06	<b>6.09</b>
14	0.50	SLV-CA3	-24.096	-540.86	421.80	<b>17.50</b>
14	1.00	SLV-CA3	21.08	-539.043	421.54	<b>20.00</b>
35	0.00	SLU-CA1	-57.303	-730.428	448.61	<b>7.83</b>
35	0.50	SLU-CA1	9.695	-733.405	449.03	<b>46.32</b>
35	1.00	SLU-CA1	76.693	-736.382	449.45	<b>5.86</b>
35	0.00	SLV-CA2	-63.645	-540.942	421.81	<b>6.63</b>
35	0.50	SLV-CA2	-16.003	-542.952	422.10	<b>26.38</b>
35	1.00	SLV-CA2	31.639	-544.962	422.38	<b>13.35</b>
35	0.00	SLV-CA3	-63.917	-532.109	420.56	<b>6.58</b>
35	0.50	SLV-CA3	-18.741	-533.925	420.82	<b>22.45</b>
35	1.00	SLV-CA3	26.436	-535.742	421.08	<b>15.93</b>
36	0.00	SLU-CA1	-29.752	-739.767	449.93	<b>15.12</b>

PROGETTO ESECUTIVO

36	0.51	SLU-CA1	39.505	-748.443	451.15	<b>11.42</b>
36	1.03	SLU-CA1	108.763	-757.118	452.38	<b>4.16</b>
36	0.00	SLV-CA2	-45.133	-540.564	421.76	<b>9.34</b>
36	0.51	SLV-CA2	4.159	-546.416	422.59	<b>101.61</b>
36	1.03	SLV-CA2	53.452	-552.267	423.41	<b>7.92</b>
36	0.00	SLV-CA3	-50.858	-530.264	420.30	<b>8.26</b>
36	0.51	SLV-CA3	-4.077	-535.548	421.05	<b>103.27</b>
36	1.03	SLV-CA3	42.704	-540.832	421.80	<b>9.88</b>
37	0.00	SLU-CA1	-4.798	-764.875	453.48	<b>94.51</b>
37	0.54	SLU-CA1	69.259	-780.083	455.63	<b>6.58</b>
37	1.07	SLU-CA1	143.315	-795.29	457.78	<b>3.19</b>
37	0.00	SLV-CA2	-26.807	-550.977	423.23	<b>15.79</b>
37	0.54	SLV-CA2	26.01	-561.212	424.68	<b>16.33</b>
37	1.07	SLV-CA2	78.828	-571.448	426.12	<b>5.41</b>
37	0.00	SLV-CA3	-37.614	-537.343	421.30	<b>11.20</b>
37	0.54	SLV-CA3	12.608	-546.569	422.61	<b>33.52</b>
37	1.07	SLV-CA3	62.83	-555.794	423.91	<b>6.75</b>
38	0.00	SLU-CA1	16.032	-807.941	459.57	<b>28.67</b>
38	0.58	SLU-CA1	98.252	-831.304	462.87	<b>4.71</b>
38	1.16	SLU-CA1	180.471	-854.666	466.17	<b>2.58</b>
38	0.00	SLV-CA2	-9.401	-573.848	426.46	<b>45.36</b>
38	0.58	SLV-CA2	49.472	-589.537	428.68	<b>8.67</b>
38	1.16	SLV-CA2	108.346	-605.227	430.90	<b>3.98</b>
38	0.00	SLV-CA3	-24.577	-554.784	423.77	<b>17.24</b>
38	0.58	SLV-CA3	31.605	-568.897	425.76	<b>13.47</b>
38	1.16	SLV-CA3	87.786	-583.011	427.76	<b>4.87</b>
39	0.00	SLU-CA1	28.436	-873.049	468.77	<b>16.49</b>
39	0.66	SLU-CA1	124.359	-907.439	473.64	<b>3.81</b>
39	1.31	SLU-CA1	220.282	-941.829	478.50	<b>2.17</b>
39	0.00	SLV-CA2	4.731	-612.273	431.90	<b>91.29</b>
39	0.66	SLV-CA2	73.913	-635.338	435.16	<b>5.89</b>
39	1.31	SLV-CA2	143.095	-658.403	438.42	<b>3.06</b>
39	0.00	SLV-CA3	-13.439	-585.27	428.08	<b>31.85</b>
39	0.66	SLV-CA3	52.993	-605.994	431.01	<b>8.13</b>
39	1.31	SLV-CA3	119.425	-626.718	433.94	<b>3.63</b>
40	0.00	SLU-CA1	19.259	-967.055	482.07	<b>25.03</b>
40	0.82	SLU-CA1	142.02	-1018.4	489.33	<b>3.45</b>
40	1.64	SLU-CA1	264.781	-1069.75	496.59	<b>1.88</b>
40	0.00	SLV-CA2	7.827	-671.693	440.30	<b>56.25</b>
40	0.82	SLV-CA2	97.495	-706.215	445.18	<b>4.57</b>
40	1.64	SLV-CA2	187.163	-740.737	450.06	<b>2.40</b>
40	0.00	SLV-CA3	-10.451	-633.526	434.90	<b>41.61</b>
40	0.82	SLV-CA3	76.572	-664.61	439.30	<b>5.74</b>
40	1.64	SLV-CA3	163.595	-695.694	443.69	<b>2.71</b>
41	0.00	SLU-CA1	50.625	-1100.87	500.99	<b>9.90</b>
41	0.56	SLU-CA1	137.065	-1137.74	506.20	<b>3.69</b>
41	1.13	SLU-CA1	223.505	-1174.61	511.42	<b>2.29</b>
41	0.00	SLV-CA2	43.796	-762.042	453.08	<b>10.35</b>
41	0.56	SLV-CA2	107.866	-787.053	456.61	<b>4.23</b>
41	1.13	SLV-CA2	171.936	-812.063	460.15	<b>2.68</b>
41	0.00	SLV-CA3	28.308	-710.882	445.84	<b>15.75</b>
41	0.56	SLV-CA3	91.233	-733.577	449.05	<b>4.92</b>

PROGETTO ESECUTIVO

41	1.13	SLV-CA3	154.159	-756.273	452.26	<b>2.93</b>
42	0.00	SLU-CA1	62.202	-1194.07	514.17	<b>8.27</b>
42	0.39	SLU-CA1	123.733	-1218.41	517.61	<b>4.18</b>
42	0.79	SLU-CA1	185.263	-1242.75	521.05	<b>2.81</b>
42	0.00	SLV-CA2	63.777	-827.666	462.36	<b>7.25</b>
42	0.39	SLV-CA2	109.843	-844.404	464.72	<b>4.23</b>
42	0.79	SLV-CA2	155.91	-861.142	467.09	<b>3.00</b>
42	0.00	SLV-CA3	53.144	-768.238	453.95	<b>8.54</b>
42	0.39	SLV-CA3	98.751	-783.603	456.13	<b>4.62</b>
42	0.79	SLV-CA3	144.358	-798.967	458.30	<b>3.17</b>
43	0.00	SLU-CA1	53.888	-1255.33	522.83	<b>9.70</b>
43	0.35	SLU-CA1	109.204	-1274.63	525.56	<b>4.81</b>
43	0.69	SLU-CA1	164.521	-1293.92	528.29	<b>3.21</b>
43	0.00	SLV-CA2	67.445	-872.87	468.75	<b>6.95</b>
43	0.35	SLV-CA2	109.128	-886.38	470.66	<b>4.31</b>
43	0.69	SLV-CA2	150.811	-899.891	472.57	<b>3.13</b>
43	0.00	SLV-CA3	62.171	-808.439	459.64	<b>7.39</b>
43	0.35	SLV-CA3	103.65	-821.029	461.42	<b>4.45</b>
43	0.69	SLV-CA3	145.129	-833.618	463.20	<b>3.19</b>
44	0.00	SLU-CA1	-4.672	-1304.33	529.76	<b>113.39</b>
44	0.57	SLU-CA1	88.074	-1329.24	533.28	<b>6.05</b>
44	1.14	SLU-CA1	180.82	-1354.15	536.81	<b>2.97</b>
44	0.00	SLV-CA2	36.153	-912.439	474.34	<b>13.12</b>
44	0.57	SLV-CA2	106.393	-930.621	476.92	<b>4.48</b>
44	1.14	SLV-CA2	176.632	-948.802	479.49	<b>2.71</b>
44	0.00	SLV-CA3	38.959	-844.238	464.70	<b>11.93</b>
44	0.57	SLV-CA3	109.139	-861.743	467.18	<b>4.28</b>
44	1.14	SLV-CA3	179.319	-879.248	469.65	<b>2.62</b>

### 10.2.1.2 Verifiche allo SLE

#### Verifica delle tensioni di esercizio

Le tensioni massime in esercizio sono le seguenti, e risultano sempre inferiori a  $0,45 f_{ck}$  per la tensione di compressione del calcestruzzo e a  $0.8 f_{yk}$  per la tensione di trazione dell'acciaio.

#### VERIFICA DELLE TENSIONI D'ESERCIZIO

Frame	Station	OutputCase	M	N	x	$\sigma_c$	$\sigma_{s,teso}$	$\sigma_{s,compresso}$
Text	m	Text	kNm	kN	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
5	0.00	SLE-CA4	-510.16	-940.72	50.71	3.81	59.74	50.07
5	0.57	SLE-CA4	-458.70	-922.16	54.45	3.40	46.10	45.06
5	1.14	SLE-CA4	-442.54	-903.59	55.17	3.27	43.17	43.48
6	0.00	SLE-CA4	-442.54	-896.30	54.79	3.28	43.85	43.48
6	0.35	SLE-CA4	-409.24	-882.26	57.84	3.01	35.80	40.23
6	0.69	SLE-CA4	-388.82	-868.23	59.67	2.85	31.55	38.24
7	0.00	SLE-CA4	-388.82	-859.21	59.12	2.85	32.27	38.24
7	0.39	SLE-CA4	-345.34	-841.69	64.58	2.51	22.85	34.04
7	0.79	SLE-CA4	-318.18	-824.17	68.26	2.31	17.99	31.45
8	0.00	SLE-CA4	-318.18	-810.02	67.19	2.31	18.84	31.42

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 67 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

8	0.56	SLE-CA4	-244.67	-783.70	82.14	1.79	7.06	24.84
8	1.13	SLE-CA4	-204.16	-757.37	91.92	1.54	2.96	21.53
9	0.00	SLE-CA4	-204.16	-734.45	89.90	1.53	3.52	21.33
9	0.82	SLE-CA4	-82.83	-697.97		0.94	Sezione tutta compressa	
9	1.64	SLE-CA4	-30.03	-661.49		0.69	Sezione tutta compressa	
10	0.00	SLE-CA4	-30.03	-642.27		0.67	Sezione tutta compressa	
10	0.66	SLE-CA4	53.40	-617.88		0.75	Sezione tutta compressa	
10	1.31	SLE-CA4	93.71	-593.48		0.90	Sezione tutta compressa	
11	0.00	SLE-CA4	93.71	-579.37		0.89	Sezione tutta compressa	
11	0.58	SLE-CA4	153.67	-562.78	91.07	1.16	2.40	16.14
11	1.16	SLE-CA4	180.87	-546.20	78.19	1.32	6.45	18.17
12	0.00	SLE-CA4	180.87	-536.41	76.99	1.32	6.85	18.12
12	0.54	SLE-CA4	223.30	-525.60	62.57	1.63	16.07	21.99
12	1.07	SLE-CA4	238.31	-514.79	57.94	1.75	20.76	23.43
13	0.00	SLE-CA4	238.31	-508.73	57.34	1.75	21.27	23.43
13	0.51	SLE-CA4	266.42	-502.55	51.64	1.99	30.03	26.16
13	1.03	SLE-CA4	269.98	-496.38	50.59	2.02	31.77	26.50
14	0.00	SLE-CA4	269.98	-493.68	50.37	2.02	32.06	26.49
14	0.50	SLE-CA4	285.63	-491.56	48.07	2.15	37.29	28.00
14	1.00	SLE-CA4	278.00	-489.44	48.91	2.09	35.06	27.26
35	0.00	SLE-CA4	278.00	-489.44	48.91	2.09	35.06	27.26
35	0.50	SLE-CA4	285.63	-491.56	48.07	2.15	37.29	28.00
35	1.00	SLE-CA4	269.98	-493.68	50.37	2.02	32.06	26.49
36	0.00	SLE-CA4	269.98	-496.38	50.59	2.02	31.77	26.50
36	0.51	SLE-CA4	266.42	-502.55	51.64	1.99	30.03	26.16
36	1.03	SLE-CA4	238.31	-508.73	57.34	1.75	21.27	23.43
37	0.00	SLE-CA4	238.31	-514.79	57.94	1.75	20.76	23.43
37	0.54	SLE-CA4	223.30	-525.60	62.57	1.63	16.07	21.99
37	1.07	SLE-CA4	180.87	-536.41	76.99	1.32	6.85	18.12
38	0.00	SLE-CA4	180.87	-546.20	78.19	1.32	6.45	18.17
38	0.58	SLE-CA4	153.67	-562.78	91.07	1.16	2.40	16.14
38	1.16	SLE-CA4	93.71	-579.37		0.89	Sezione tutta compressa	
39	0.00	SLE-CA4	93.71	-593.48		0.90	Sezione tutta compressa	
39	0.66	SLE-CA4	53.40	-617.88		0.75	Sezione tutta compressa	
39	1.31	SLE-CA4	-30.03	-642.27		0.67	Sezione tutta compressa	
40	0.00	SLE-CA4	-30.03	-661.49		0.69	Sezione tutta compressa	
40	0.82	SLE-CA4	-82.83	-697.97		0.94	Sezione tutta compressa	
40	1.64	SLE-CA4	-204.16	-734.45	89.90	1.53	3.52	21.33
41	0.00	SLE-CA4	-204.16	-757.37	91.92	1.54	2.96	21.53
41	0.56	SLE-CA4	-244.67	-783.70	82.14	1.79	7.06	24.84
41	1.13	SLE-CA4	-318.18	-810.02	67.19	2.31	18.84	31.42
42	0.00	SLE-CA4	-318.18	-824.17	68.26	2.31	17.99	31.45
42	0.39	SLE-CA4	-345.34	-841.69	64.58	2.51	22.85	34.04
42	0.79	SLE-CA4	-388.82	-859.21	59.12	2.85	32.27	38.24
43	0.00	SLE-CA4	-388.82	-868.23	59.67	2.85	31.55	38.24

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 68 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

43	0.35	SLE-CA4	-409.24	-882.26	57.84	3.01	35.80	40.23
43	0.69	SLE-CA4	-442.54	-896.30	54.79	3.28	43.85	43.48
44	0.00	SLE-CA4	-442.54	-903.59	55.17	3.27	43.17	43.48
44	0.57	SLE-CA4	-458.70	-922.16	54.45	3.40	46.10	45.06
44	1.14	SLE-CA4	-510.16	-940.72	50.71	3.81	59.74	50.07

Figura 12 – Valori delle tensioni massime in esercizio nella sezioni della soletta di copertura

**Verifica a fessurazione**

L'apertura massima delle fessure nella soletta di copertura sono valutate nelle sezioni lungo lo sviluppo della soletta. Il limite assunto è pari a  $\omega_1=0.2$  mm (armatura non sensibile-ambiente aggressivo-comb. quasi permanente).

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori dell'apertura delle fessure.

VERIFICA A FESSURAZIONE

Frame	Station	OutputCase	M	N	$\sigma_s$	$\epsilon_{sm}$	$\Delta_s \max$	$\omega_d$
Text	m	Text	kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>		mm	mm
5	0.00	SLE-CA4	-510.16	-940.72	59.74	1.7E-04	432.20	0.08
5	0.57	SLE-CA4	-458.70	-922.16	46.10	1.3E-04	432.20	0.06
5	1.14	SLE-CA4	-442.54	-903.59	43.17	1.3E-04	432.20	0.05
6	0.00	SLE-CA4	-442.54	-896.30	43.85	1.3E-04	432.20	0.06
6	0.35	SLE-CA4	-409.24	-882.26	35.80	1.0E-04	432.20	0.05
6	0.69	SLE-CA4	-388.82	-868.23	31.55	9.2E-05	432.20	0.04
7	0.00	SLE-CA4	-388.82	-859.21	32.27	9.4E-05	432.20	0.04
7	0.39	SLE-CA4	-345.34	-841.69	22.85	6.7E-05	422.04	0.03
7	0.79	SLE-CA4	-318.18	-824.17	17.99	5.2E-05	401.64	0.02
8	0.00	SLE-CA4	-318.18	-810.02	18.84	5.5E-05	407.55	0.02
8	0.56	SLE-CA4	-244.67	-783.70	7.06	2.1E-05	324.62	0.01
8	1.13	SLE-CA4	-204.16	-757.37	2.96	8.6E-06	270.35	0.00
9	0.00	SLE-CA4	-204.16	-734.45	3.52	1.0E-05	281.56	0.00
11	0.58	SLE-CA4	153.67	-562.78	2.40	7.0E-06	275.02	0.00
11	1.16	SLE-CA4	180.87	-546.20	6.45	1.9E-05	346.51	0.01
12	0.00	SLE-CA4	180.87	-536.41	6.85	2.0E-05	353.19	0.01
12	0.54	SLE-CA4	223.30	-525.60	16.07	4.7E-05	432.20	0.02
12	1.07	SLE-CA4	238.31	-514.79	20.76	6.0E-05	432.20	0.03
13	0.00	SLE-CA4	238.31	-508.73	21.27	6.2E-05	432.20	0.03
13	0.51	SLE-CA4	266.42	-502.55	30.03	8.7E-05	432.20	0.04
13	1.03	SLE-CA4	269.98	-496.38	31.77	9.3E-05	432.20	0.04
14	0.00	SLE-CA4	269.98	-493.68	32.06	9.3E-05	432.20	0.04
14	0.50	SLE-CA4	285.63	-491.56	37.29	1.1E-04	432.20	0.05
14	1.00	SLE-CA4	278.00	-489.44	35.06	1.0E-04	432.20	0.04
35	0.00	SLE-CA4	278.00	-489.44	35.06	1.0E-04	432.20	0.04
35	0.50	SLE-CA4	285.63	-491.56	37.29	1.1E-04	432.20	0.05
35	1.00	SLE-CA4	269.98	-493.68	32.06	9.3E-05	432.20	0.04
36	0.00	SLE-CA4	269.98	-496.38	31.77	9.3E-05	432.20	0.04
36	0.51	SLE-CA4	266.42	-502.55	30.03	8.7E-05	432.20	0.04
36	1.03	SLE-CA4	238.31	-508.73	21.27	6.2E-05	432.20	0.03
37	0.00	SLE-CA4	238.31	-514.79	20.76	6.0E-05	432.20	0.03
37	0.54	SLE-CA4	223.30	-525.60	16.07	4.7E-05	432.20	0.02
37	1.07	SLE-CA4	180.87	-536.41	6.85	2.0E-05	353.19	0.01
38	0.00	SLE-CA4	180.87	-546.20	6.45	1.9E-05	346.51	0.01
38	0.58	SLE-CA4	153.67	-562.78	2.40	7.0E-06	275.02	0.00

PROGETTO ESECUTIVO

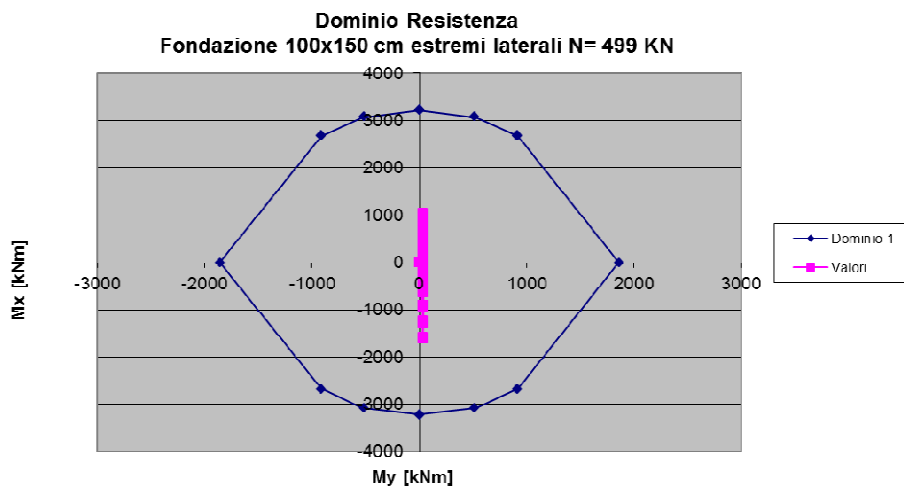
40	1.64	SLE-CA4	-204.16	-734.45	3.52	1.0E-05	281.56	0.00
41	0.00	SLE-CA4	-204.16	-757.37	2.96	8.6E-06	270.35	0.00
41	0.56	SLE-CA4	-244.67	-783.70	7.06	2.1E-05	324.62	0.01
41	1.13	SLE-CA4	-318.18	-810.02	18.84	5.5E-05	407.55	0.02
42	0.00	SLE-CA4	-318.18	-824.17	17.99	5.2E-05	401.64	0.02
42	0.39	SLE-CA4	-345.34	-841.69	22.85	6.7E-05	422.04	0.03
42	0.79	SLE-CA4	-388.82	-859.21	32.27	9.4E-05	432.20	0.04
43	0.00	SLE-CA4	-388.82	-868.23	31.55	9.2E-05	432.20	0.04
43	0.35	SLE-CA4	-409.24	-882.26	35.80	1.0E-04	432.20	0.05
43	0.69	SLE-CA4	-442.54	-896.30	43.85	1.3E-04	432.20	0.06
44	0.00	SLE-CA4	-442.54	-903.59	43.17	1.3E-04	432.20	0.05
44	0.57	SLE-CA4	-458.70	-922.16	46.10	1.3E-04	432.20	0.06
44	1.14	SLE-CA4	-510.16	-940.72	59.74	1.7E-04	432.20	0.08

Figura 13 – Valori di apertura delle fessure nella sezioni della soletta di copertura

## 10.2.2 Verifiche della soletta di fondazione

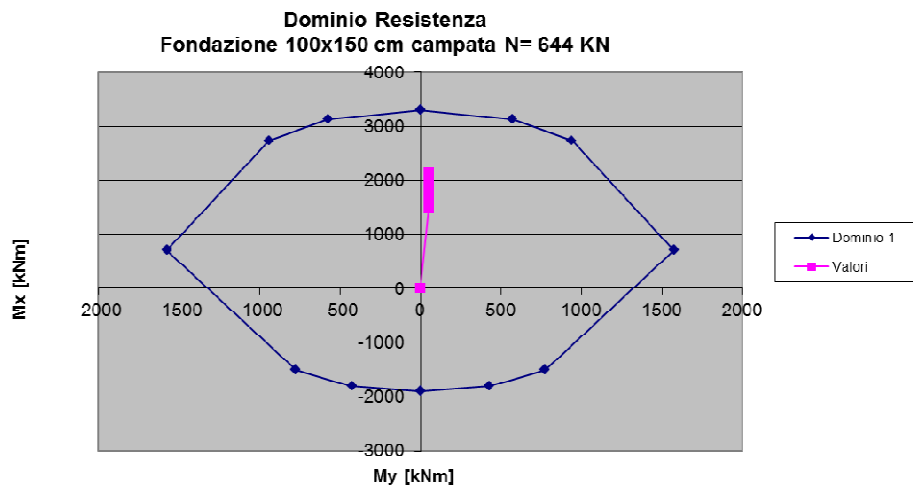
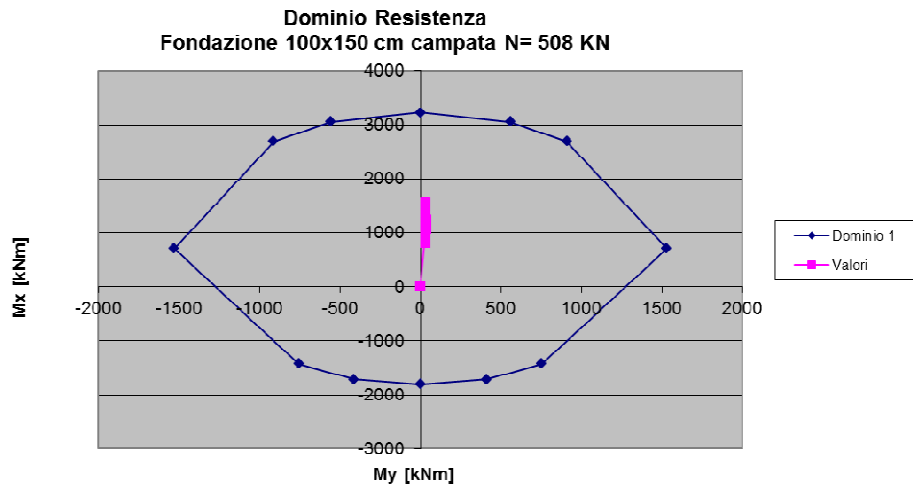
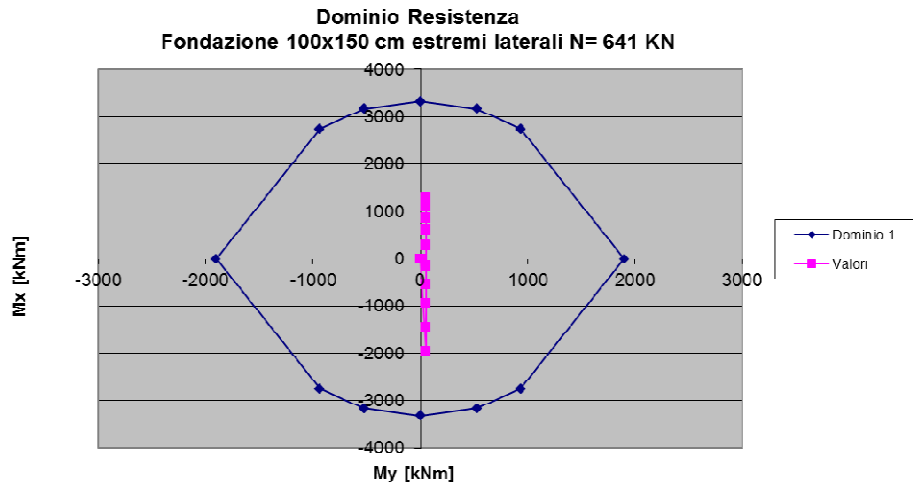
### 10.2.2.1 Verifiche allo SLU e allo SLV

La verifica delle sezioni presso inflesse si conduce, verificando che le azioni sollecitanti risultino interne al dominio resistente della sezione, così come si può osservare nelle seguenti immagini.



Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 70 di 83

PROGETTO ESECUTIVO





PROGETTO ESECUTIVO

Nella seguente tabella si riportano i risultati della verifica a taglio della soletta di fondazione.

Verifica delle sezioni di campata in cui non è prevista armatura a taglio apposita

Frame	Station	OutputCase	V <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
Text	m	Text	KN	KN	KN	
70	3.68	SLU-CA1	-533.69	-711.001	618.07	<b>1.16</b>
70	3.68	SLU-CA1	-362.237	-711.001	618.07	<b>1.71</b>
70	4.05	SLU-CA1	-379.166	-711.001	618.07	<b>1.63</b>
70	4.42	SLU-CA1	-396.094	-711.001	618.07	<b>1.56</b>
70	4.42	SLU-CA1	-247.006	-711.001	618.07	<b>2.50</b>
70	4.79	SLU-CA1	-263.934	-711.001	618.07	<b>2.34</b>
70	5.16	SLU-CA1	-280.862	-711.001	618.07	<b>2.20</b>
70	5.16	SLU-CA1	-149.134	-711.001	618.07	<b>4.14</b>
70	5.53	SLU-CA1	-166.063	-711.001	618.07	<b>3.72</b>
70	5.89	SLU-CA1	-182.991	-711.001	618.07	<b>3.38</b>
70	5.89	SLU-CA1	-63.104	-711.001	618.07	<b>9.79</b>
70	6.26	SLU-CA1	-80.032	-711.001	618.07	<b>7.72</b>
70	6.63	SLU-CA1	-96.96	-711.001	618.07	<b>6.37</b>
70	6.63	SLU-CA1	16.928	-711.001	618.07	<b>36.51</b>
70	7.00	SLU-CA1	-3E-06	-711.001	618.07	<b>203046452</b>
70	7.37	SLU-CA1	-16.928	-711.001	618.07	<b>36.51</b>
70	7.37	SLU-CA1	96.96	-711.001	618.07	<b>6.37</b>
70	7.74	SLU-CA1	80.032	-711.001	618.07	<b>7.72</b>
70	8.11	SLU-CA1	63.104	-711.001	618.07	<b>9.79</b>
70	8.11	SLU-CA1	182.991	-711.001	618.07	<b>3.38</b>
70	8.47	SLU-CA1	166.063	-711.001	618.07	<b>3.72</b>
70	8.84	SLU-CA1	149.134	-711.001	618.07	<b>4.14</b>
70	8.84	SLU-CA1	280.862	-711.001	618.07	<b>2.20</b>
70	9.21	SLU-CA1	263.934	-711.001	618.07	<b>2.34</b>
70	9.58	SLU-CA1	247.006	-711.001	618.07	<b>2.50</b>
70	9.58	SLU-CA1	396.094	-711.001	618.07	<b>1.56</b>
70	9.95	SLU-CA1	379.166	-711.001	618.07	<b>1.63</b>
70	10.32	SLU-CA1	362.237	-711.001	618.07	<b>1.71</b>
70	10.32	SLU-CA1	533.69	-711.001	618.07	<b>1.16</b>
70	3.68	SLV-CA2	-363.209	-478.77	584.70	<b>1.61</b>
70	3.68	SLV-CA2	-231.941	-475.201	584.19	<b>2.52</b>
70	4.05	SLV-CA2	-244.963	-475.201	584.19	<b>2.38</b>
70	4.42	SLV-CA2	-257.984	-475.201	584.19	<b>2.26</b>
70	4.42	SLV-CA2	-144.174	-471.632	583.68	<b>4.05</b>
70	4.79	SLV-CA2	-157.196	-471.632	583.68	<b>3.71</b>
70	5.16	SLV-CA2	-170.218	-471.632	583.68	<b>3.43</b>
70	5.16	SLV-CA2	-70.007	-468.063	583.16	<b>8.33</b>
70	5.53	SLV-CA2	-83.029	-468.063	583.16	<b>7.02</b>
70	5.89	SLV-CA2	-96.05	-468.063	583.16	<b>6.07</b>
70	5.89	SLV-CA2	-5.277	-464.494	582.65	<b>110.41</b>
70	6.26	SLV-CA2	-18.299	-464.494	582.65	<b>31.84</b>
70	6.63	SLV-CA2	-31.321	-464.494	582.65	<b>18.60</b>
70	6.63	SLV-CA2	54.332	-460.925	582.14	<b>10.71</b>
70	7.00	SLV-CA2	41.31	-460.925	582.14	<b>14.09</b>
70	7.37	SLV-CA2	28.288	-460.925	582.14	<b>20.58</b>
70	7.37	SLV-CA2	113.165	-457.355	581.62	<b>5.14</b>

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx	Relazione di calcolo strutture	Pagina 72 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

70	7.74	SLV-CA2	100.144	-457.355	581.62	<b>5.81</b>
70	8.11	SLV-CA2	87.122	-457.355	581.62	<b>6.68</b>
70	8.11	SLV-CA2	175.483	-453.786	581.11	<b>3.31</b>
70	8.47	SLV-CA2	162.462	-453.786	581.11	<b>3.58</b>
70	8.84	SLV-CA2	149.44	-453.786	581.11	<b>3.89</b>
70	8.84	SLV-CA2	245.343	-450.217	580.60	<b>2.37</b>
70	9.21	SLV-CA2	232.322	-450.217	580.60	<b>2.50</b>
70	9.58	SLV-CA2	219.3	-450.217	580.60	<b>2.65</b>
70	9.58	SLV-CA2	326.481	-446.648	580.09	<b>1.78</b>
70	9.95	SLV-CA2	313.459	-446.648	580.09	<b>1.85</b>
70	10.32	SLV-CA2	300.437	-446.648	580.09	<b>1.93</b>
70	10.32	SLV-CA2	422.17	-443.079	579.57	<b>1.37</b>
70	3.68	SLV-CA3	-341.448	-487.555	585.96	<b>1.72</b>
70	3.68	SLV-CA3	-216.805	-483.986	585.45	<b>2.70</b>
70	4.05	SLV-CA3	-229.827	-483.986	585.45	<b>2.55</b>
70	4.42	SLV-CA3	-242.849	-483.986	585.45	<b>2.41</b>
70	4.42	SLV-CA3	-134.165	-480.417	584.94	<b>4.36</b>
70	4.79	SLV-CA3	-147.187	-480.417	584.94	<b>3.97</b>
70	5.16	SLV-CA3	-160.209	-480.417	584.94	<b>3.65</b>
70	5.16	SLV-CA3	-63.979	-476.848	584.43	<b>9.13</b>
70	5.53	SLV-CA3	-77.001	-476.848	584.43	<b>7.59</b>
70	5.89	SLV-CA3	-90.022	-476.848	584.43	<b>6.49</b>
70	5.89	SLV-CA3	-2.458	-473.278	583.91	<b>237.56</b>
70	6.26	SLV-CA3	-15.479	-473.278	583.91	<b>37.72</b>
70	6.63	SLV-CA3	-28.501	-473.278	583.91	<b>20.49</b>
70	6.63	SLV-CA3	54.332	-469.709	583.40	<b>10.74</b>
70	7.00	SLV-CA3	41.31	-469.709	583.40	<b>14.12</b>
70	7.37	SLV-CA3	28.288	-469.709	583.40	<b>20.62</b>
70	7.37	SLV-CA3	110.346	-466.14	582.89	<b>5.28</b>
70	7.74	SLV-CA3	97.324	-466.14	582.89	<b>5.99</b>
70	8.11	SLV-CA3	84.302	-466.14	582.89	<b>6.91</b>
70	8.11	SLV-CA3	169.455	-462.571	582.37	<b>3.44</b>
70	8.47	SLV-CA3	156.434	-462.571	582.37	<b>3.72</b>
70	8.84	SLV-CA3	143.412	-462.571	582.37	<b>4.06</b>
70	8.84	SLV-CA3	235.334	-459.002	581.86	<b>2.47</b>
70	9.21	SLV-CA3	222.313	-459.002	581.86	<b>2.62</b>
70	9.58	SLV-CA3	209.291	-459.002	581.86	<b>2.78</b>
70	9.58	SLV-CA3	311.345	-455.433	581.35	<b>1.87</b>
70	9.95	SLV-CA3	298.323	-455.433	581.35	<b>1.95</b>
70	10.32	SLV-CA3	285.302	-455.433	581.35	<b>2.04</b>
70	10.32	SLV-CA3	400.408	-451.863	580.84	<b>1.45</b>

Verifica delle sezioni di estremità in cui è prevista armatura a taglio appositata.

Frame	Station	OutputCase	V <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
Text	m	Text	KN	KN	KN	
70	0.00	SLU-CA1	-1341.62	-711.00	1730.45	<b>1.29</b>
70	0.37	SLU-CA1	-1358.54	-711.00	1730.45	<b>1.27</b>
70	0.74	SLU-CA1	-1375.47	-711.00	1730.45	<b>1.26</b>
70	0.74	SLU-CA1	-1083.94	-711.00	1730.45	<b>1.60</b>
70	1.11	SLU-CA1	-1100.87	-711.00	1730.45	<b>1.57</b>

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 73 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

70	1.47	SLU-CA1	-1117.80	-711.00	1730.45	<b>1.55</b>
70	1.47	SLU-CA1	-858.13	-711.00	1730.45	<b>2.02</b>
70	1.84	SLU-CA1	-875.06	-711.00	1730.45	<b>1.98</b>
70	2.21	SLU-CA1	-891.99	-711.00	1730.45	<b>1.94</b>
70	2.21	SLU-CA1	-664.05	-711.00	1730.45	<b>2.61</b>
70	2.58	SLU-CA1	-680.98	-711.00	1730.45	<b>2.54</b>
70	2.95	SLU-CA1	-697.91	-711.00	1730.45	<b>2.48</b>
70	2.95	SLU-CA1	-499.83	-711.00	1730.45	<b>3.46</b>
70	3.32	SLU-CA1	-516.76	-711.00	1730.45	<b>3.35</b>
70	10.68	SLU-CA1	516.76	-711.00	1730.45	<b>3.35</b>
70	11.05	SLU-CA1	499.83	-711.00	1730.45	<b>3.46</b>
70	11.05	SLU-CA1	697.91	-711.00	1730.45	<b>2.48</b>
70	11.42	SLU-CA1	680.98	-711.00	1730.45	<b>2.54</b>
70	11.79	SLU-CA1	664.05	-711.00	1730.45	<b>2.61</b>
70	11.79	SLU-CA1	891.99	-711.00	1730.45	<b>1.94</b>
70	12.16	SLU-CA1	875.06	-711.00	1730.45	<b>1.98</b>
70	12.53	SLU-CA1	858.13	-711.00	1730.45	<b>2.02</b>
70	12.53	SLU-CA1	1117.80	-711.00	1730.45	<b>1.55</b>
70	12.89	SLU-CA1	1100.87	-711.00	1730.45	<b>1.57</b>
70	13.26	SLU-CA1	1083.94	-711.00	1730.45	<b>1.60</b>
70	13.26	SLU-CA1	1375.47	-711.00	1730.45	<b>1.26</b>
70	13.63	SLU-CA1	1358.54	-711.00	1730.45	<b>1.27</b>
70	14.00	SLU-CA1	1341.62	-711.00	1730.45	<b>1.29</b>
70	0.00	SLV-CA2	-988.40	-493.05	1730.45	<b>1.75</b>
70	0.37	SLV-CA2	-1001.42	-493.05	1730.45	<b>1.73</b>
70	0.74	SLV-CA2	-1014.44	-493.05	1730.45	<b>1.71</b>
70	0.74	SLV-CA2	-787.73	-489.48	1730.45	<b>2.20</b>
70	1.11	SLV-CA2	-800.75	-489.48	1730.45	<b>2.16</b>
70	1.47	SLV-CA2	-813.77	-489.48	1730.45	<b>2.13</b>
70	1.47	SLV-CA2	-612.84	-485.91	1730.45	<b>2.82</b>
70	1.84	SLV-CA2	-625.86	-485.91	1730.45	<b>2.76</b>
70	2.21	SLV-CA2	-638.88	-485.91	1730.45	<b>2.71</b>
70	2.21	SLV-CA2	-463.23	-482.34	1730.45	<b>3.74</b>
70	2.58	SLV-CA2	-476.26	-482.34	1730.45	<b>3.63</b>
70	2.95	SLV-CA2	-489.28	-482.34	1730.45	<b>3.54</b>
70	2.95	SLV-CA2	-337.17	-478.77	1730.45	<b>5.13</b>
70	3.32	SLV-CA2	-350.19	-478.77	1730.45	<b>4.94</b>
70	10.68	SLV-CA2	409.15	-443.08	1730.45	<b>4.23</b>
70	11.05	SLV-CA2	396.13	-443.08	1730.45	<b>4.37</b>
70	11.05	SLV-CA2	535.06	-439.51	1730.45	<b>3.23</b>
70	11.42	SLV-CA2	522.04	-439.51	1730.45	<b>3.31</b>
70	11.79	SLV-CA2	509.02	-439.51	1730.45	<b>3.40</b>
70	11.79	SLV-CA2	666.99	-435.94	1730.45	<b>2.59</b>
70	12.16	SLV-CA2	653.97	-435.94	1730.45	<b>2.65</b>

PROGETTO ESECUTIVO

70	12.53	SLV-CA2	640.94	-435.94	1730.45	<b>2.70</b>
70	12.53	SLV-CA2	818.74	-432.37	1730.45	<b>2.11</b>
70	12.89	SLV-CA2	805.72	-432.37	1730.45	<b>2.15</b>
70	13.26	SLV-CA2	792.70	-432.37	1730.45	<b>2.18</b>
70	13.26	SLV-CA2	989.78	-428.80	1730.45	<b>1.75</b>
70	13.63	SLV-CA2	976.76	-428.80	1730.45	<b>1.77</b>
70	14.00	SLV-CA2	963.74	-428.80	1730.45	<b>1.80</b>
70	0.00	SLV-CA3	-919.37	-501.83	1730.45	<b>1.88</b>
70	0.37	SLV-CA3	-932.39	-501.83	1730.45	<b>1.86</b>
70	0.74	SLV-CA3	-945.41	-501.83	1730.45	<b>1.83</b>
70	0.74	SLV-CA3	-734.06	-498.26	1730.45	<b>2.36</b>
70	1.11	SLV-CA3	-747.09	-498.26	1730.45	<b>2.32</b>
70	1.47	SLV-CA3	-760.11	-498.26	1730.45	<b>2.28</b>
70	1.47	SLV-CA3	-572.07	-494.69	1730.45	<b>3.02</b>
70	1.84	SLV-CA3	-585.09	-494.69	1730.45	<b>2.96</b>
70	2.21	SLV-CA3	-598.11	-494.69	1730.45	<b>2.89</b>
70	2.21	SLV-CA3	-433.02	-491.12	1730.45	<b>4.00</b>
70	2.58	SLV-CA3	-446.04	-491.12	1730.45	<b>3.88</b>
70	2.95	SLV-CA3	-459.06	-491.12	1730.45	<b>3.77</b>
70	2.95	SLV-CA3	-315.40	-487.56	1730.45	<b>5.49</b>
70	3.32	SLV-CA3	-328.43	-487.56	1730.45	<b>5.27</b>
70	10.68	SLV-CA3	387.39	-451.86	1730.45	<b>4.47</b>
70	11.05	SLV-CA3	374.36	-451.86	1730.45	<b>4.62</b>
70	11.05	SLV-CA3	504.85	-448.29	1730.45	<b>3.43</b>
70	11.42	SLV-CA3	491.83	-448.29	1730.45	<b>3.52</b>
70	11.79	SLV-CA3	478.80	-448.29	1730.45	<b>3.61</b>
70	11.79	SLV-CA3	626.22	-444.73	1730.45	<b>2.76</b>
70	12.16	SLV-CA3	613.20	-444.73	1730.45	<b>2.82</b>
70	12.53	SLV-CA3	600.17	-444.73	1730.45	<b>2.88</b>
70	12.53	SLV-CA3	765.08	-441.16	1730.45	<b>2.26</b>
70	12.89	SLV-CA3	752.06	-441.16	1730.45	<b>2.30</b>
70	13.26	SLV-CA3	739.03	-441.16	1730.45	<b>2.34</b>
70	13.26	SLV-CA3	920.75	-437.59	1730.45	<b>1.88</b>
70	13.63	SLV-CA3	907.73	-437.59	1730.45	<b>1.91</b>
70	14.00	SLV-CA3	894.71	-437.59	1730.45	<b>1.93</b>

### 10.2.2.2 Verifiche allo SLE

#### Verifica delle tensioni di esercizio

Le tensioni massime in esercizio, sono le seguenti, e risultano sempre inferiori a  $0,45 f_{ck}$  per la tensione di compressione del calcestruzzo e a  $0.8 f_{yk}$  per la tensione di trazione dell'acciaio.

#### VERIFICA DELLE TENSIONI D'ESERCIZIO

Frame	Station	OutputCase	M	N	x	$\sigma_c$	$\sigma_{s,teso}$	$\sigma_{s,compresso}$
Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C			Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture				Data: Ottobre 2011	
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx							Pagina 75 di 83	

PROGETTO ESECUTIVO

Text	m	Text	kNm	kN	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
70	3.68	SLE-CA4	1027.04	-471.50	48.97	3.76	109.03	49.11
70	6.63	SLE-CA4	1481.68	-471.50	45.36	5.33	173.33	68.85
70	10.32	SLE-CA4	1027.04	-471.50	48.97	3.76	109.03	49.11

Figura 14 – Valori delle tensioni massime in esercizio nella sezione di mezzeria della soletta di fondazione

VERIFICA DELLE TENSIONI D'ESERCIZIO

Frame	Station	OutputCase	M	N	x	$\sigma_c$	$\sigma_{s,teso}$	$\sigma_{s,compresso}$
Text	m	Text	kNm	kN	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
70	1.11	SLE-CA4	-324.28	-471.50	81.11	1.13	13.07	15.62
70	3.32	SLE-CA4	892.13	-471.50	48.67	3.00	87.82	39.16
70	10.68	SLE-CA4	892.13	-471.50	48.67	3.00	87.82	39.16
70	12.89	SLE-CA4	-324.28	-471.50	81.11	1.13	13.07	15.62

Figura 15 – Valori delle tensioni massime in esercizio nella sezione di estremità della soletta di fondazione

### Verifica a fessurazione

L'apertura massima delle fessure nella soletta di copertura sono valutate sia nella sezione di mezzeria che in quella di estremità. Il limite assunto è pari a  $\omega_1=0.2$  mm (armatura non sensibile-ambiente aggressivo-comb. quasi permanente).

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori dell'apertura delle fessure nelle sezioni maggiormente sollecitate.

VERIFICA A FESSURAZIONE

Frame	Station	OutputCase	M	N	$\sigma_s$	$\epsilon_{sm}$	$\Delta_s$ max	$\omega_d$
Text	m	Text	kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>		mm	mm
70	3.68	SLE-CA4	1027.04	-471.50	109.03	3.4E-04	295.13	0.10
70	6.63	SLE-CA4	1481.68	-471.50	173.33	6.5E-04	295.13	0.19
70	10.32	SLE-CA4	1027.04	-471.50	109.03	3.4E-04	295.13	0.10

Figura 16 – Valori di apertura delle fessure nella sezione di mezzeria della soletta di fondazione

VERIFICA A FESSURAZIONE

Frame	Station	OutputCase	M	N	$\sigma_s$	$\epsilon_{sm}$	$\Delta_s$ max	$\omega_d$
Text	m	Text	kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>		mm	mm
70	1.11	SLE-CA4	-324.28	-471.50	13.07	3.8E-05	301.13	0.01
70	3.32	SLE-CA4	892.13	-471.50	87.82	2.6E-04	301.13	0.08
70	10.68	SLE-CA4	892.13	-471.50	87.82	2.6E-04	301.13	0.08
70	12.89	SLE-CA4	-324.28	-471.50	13.07	3.8E-05	301.13	0.01

Figura 17 – Valori di apertura delle fessure nella sezione di estremità della soletta di fondazione

### 10.2.3 Verifiche dei piedritti

#### 10.2.3.1 Verifiche allo SLU e allo SLV

La verifica delle sezioni presso inflesse si conduce, verificando che le azioni sollecitanti risultino interne al dominio resistente della sezione, così come si può osservare nelle seguenti immagini.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 76 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

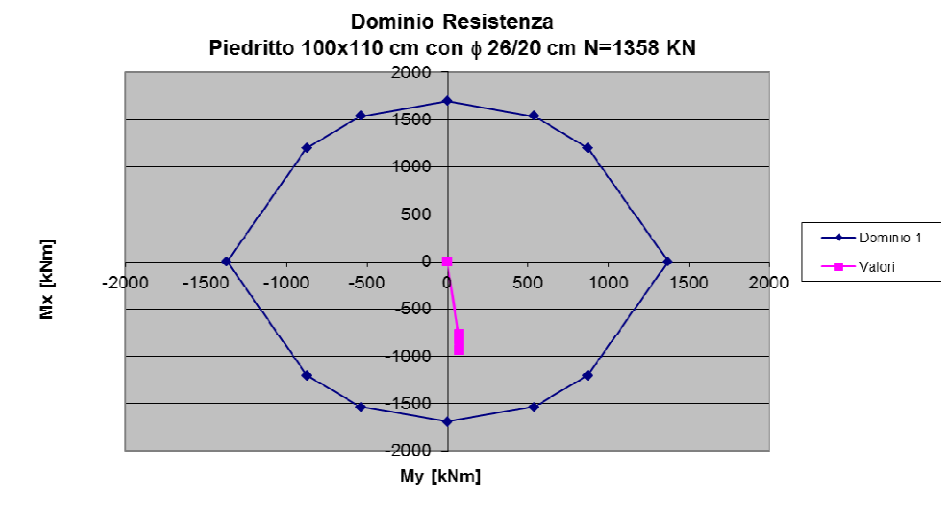
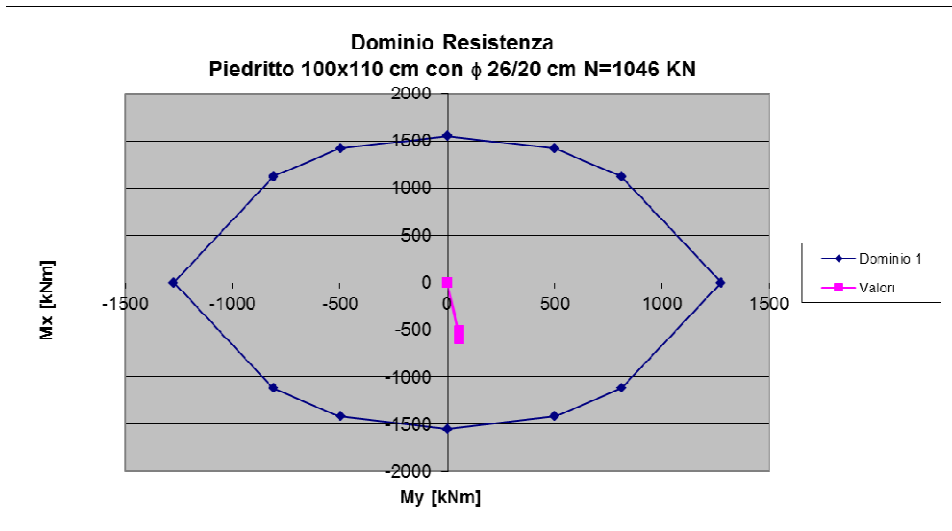
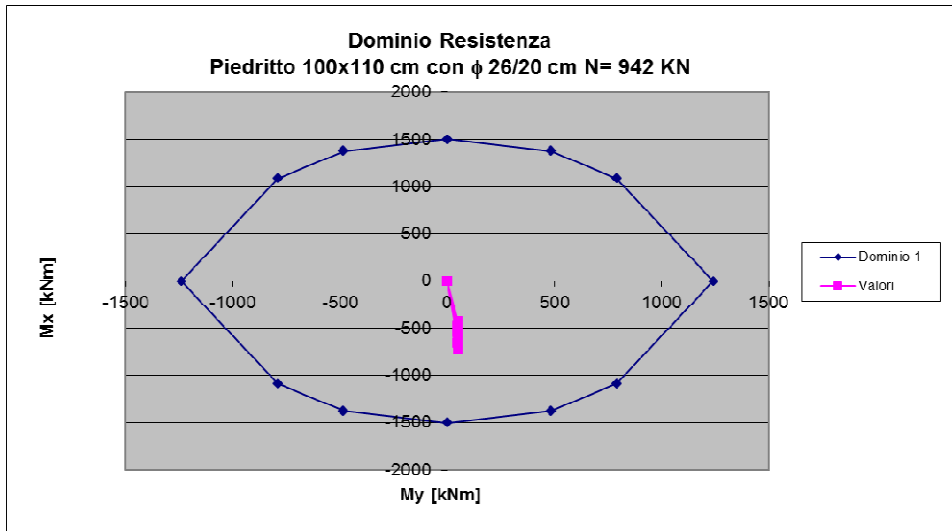


Figura 18 – Verifica pressoflessione piedritti – sezione A

PROGETTO ESECUTIVO

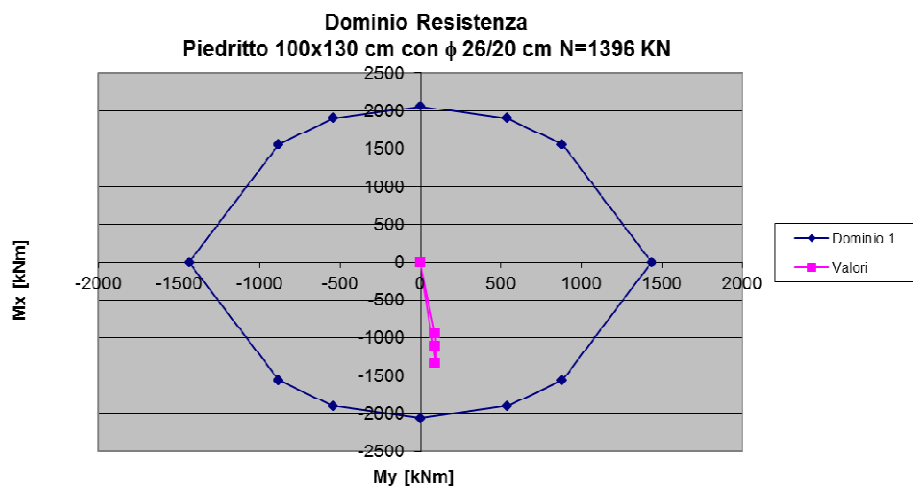
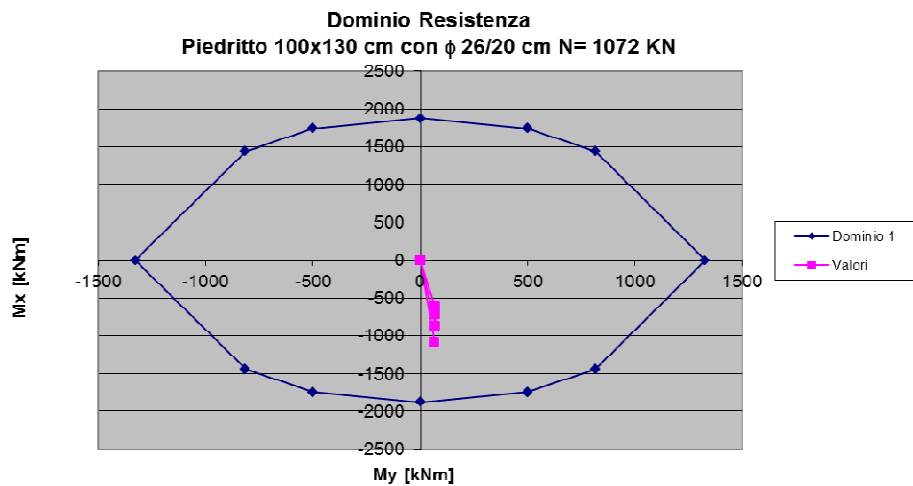
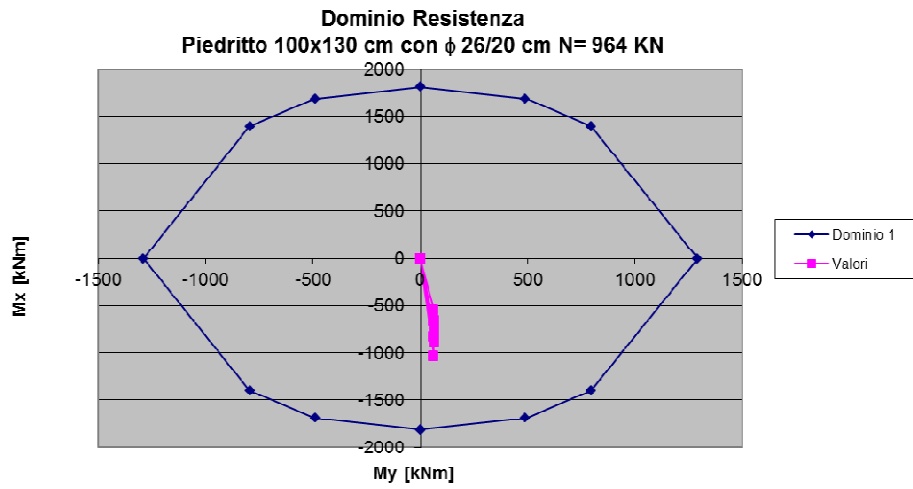


Figura 19 – Verifica pressoflessione piedritti – sezione B

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 78 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

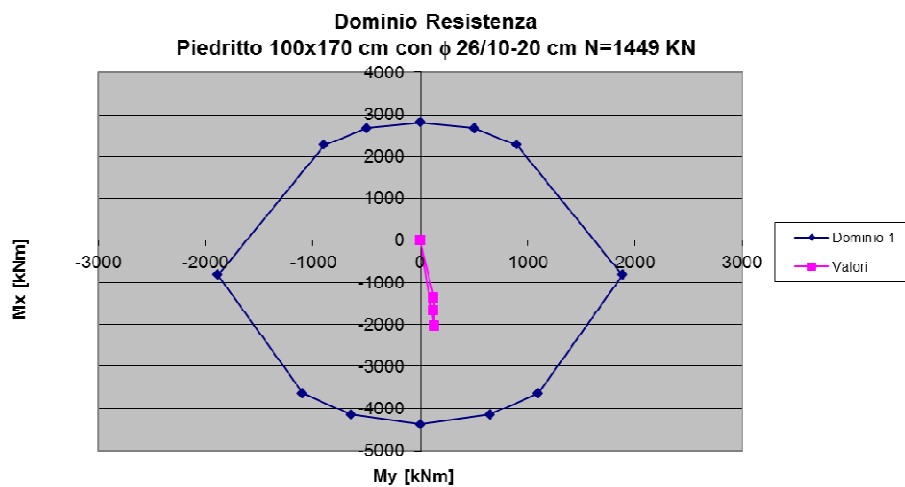
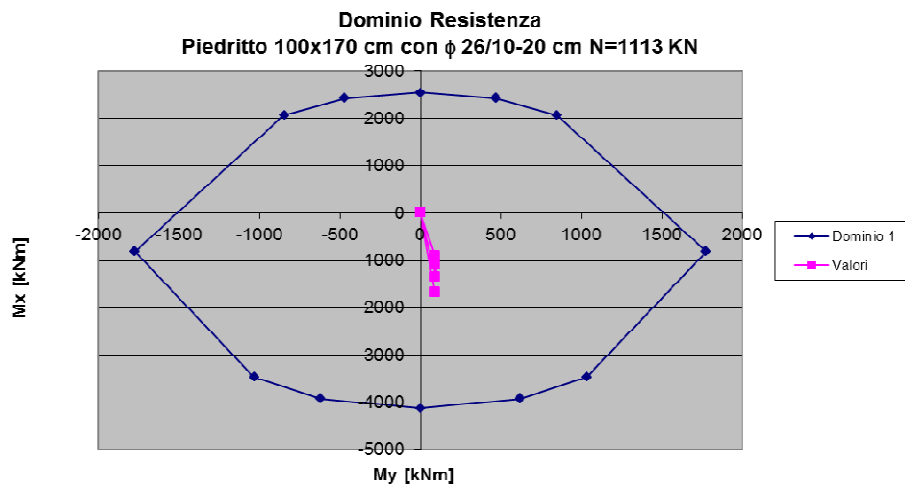
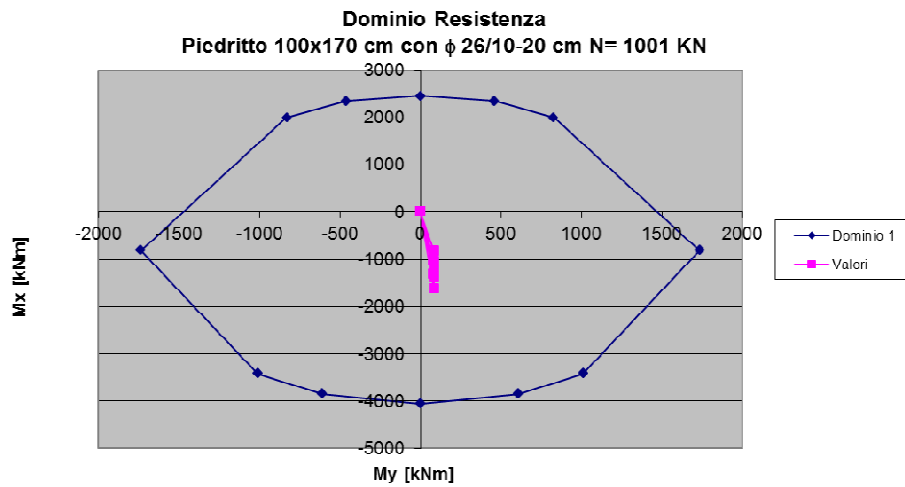


Figura 20 – Verifica pressoflessione piedritti – sezione C



PROGETTO ESECUTIVO

Nelle seguenti tabelle sono indicate le verifiche a taglio condotte sui piedritti.

Frame	Station	OutputCase	V <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
Text	m	Text	KN	KN	KN	
61	0.00	SLU-CA1	-250.522	-1400.54	543.37	<b>2.17</b>
61	0.52	SLU-CA1	-153.488	-1382.67	540.84	<b>3.52</b>
61	1.04	SLU-CA1	-61.198	-1364.8	538.31	<b>8.80</b>
61	0.00	SLV-CA2	-158.396	-1032.44	491.31	<b>3.10</b>
61	0.52	SLV-CA2	-84.844	-1018.7	489.37	<b>5.77</b>
61	1.04	SLV-CA2	-14.889	-1004.95	487.43	<b>32.74</b>
61	0.00	SLV-CA3	-167.181	-961.282	481.25	<b>2.88</b>
61	0.52	SLV-CA3	-93.629	-947.537	479.31	<b>5.12</b>
61	1.04	SLV-CA3	-23.673	-933.792	477.36	<b>20.16</b>
67	0.00	SLU-CA1	61.198	-1364.8	538.31	<b>8.80</b>
67	0.52	SLU-CA1	153.488	-1382.67	540.84	<b>3.52</b>
67	1.04	SLU-CA1	250.522	-1400.54	543.37	<b>2.17</b>
67	0.00	SLV-CA2	96.531	-961.704	481.31	<b>4.99</b>
67	0.52	SLV-CA2	166.486	-975.449	483.25	<b>2.90</b>
67	1.04	SLV-CA2	240.038	-989.194	485.20	<b>2.02</b>
67	0.00	SLV-CA3	105.315	-890.544	471.25	<b>4.47</b>
67	0.52	SLV-CA3	175.271	-904.289	473.19	<b>2.70</b>
67	1.04	SLV-CA3	248.823	-918.034	475.14	<b>1.91</b>

**Verifica a taglio piedritti – sezione A**

Frame	Station	OutputCase	V <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
Text	m	Text	KN	KN	KN	
62	0.00	SLU-CA1	-466.383	-1443.68	586.41	<b>1.26</b>
62	0.54	SLU-CA1	-355.889	-1422.11	583.33	<b>1.64</b>
62	1.08	SLU-CA1	-250.522	-1400.54	580.25	<b>2.32</b>
62	0.00	SLV-CA2	-317.861	-1066.75	532.61	<b>1.68</b>
62	0.54	SLV-CA2	-234.107	-1050.16	530.24	<b>2.26</b>
62	1.08	SLV-CA2	-154.239	-1033.57	527.87	<b>3.42</b>
62	0.00	SLV-CA3	-326.646	-993.344	522.13	<b>1.60</b>
62	0.54	SLV-CA3	-242.892	-976.752	519.76	<b>2.14</b>
62	1.08	SLV-CA3	-163.023	-960.159	517.39	<b>3.17</b>
68	0.00	SLU-CA1	250.522	-1400.54	580.25	<b>2.32</b>
68	0.54	SLU-CA1	355.889	-1422.11	583.33	<b>1.64</b>
68	1.08	SLU-CA1	466.383	-1443.68	586.41	<b>1.26</b>
68	0.00	SLV-CA2	244.196	-990.317	521.70	<b>2.14</b>
68	0.54	SLV-CA2	324.064	-1006.91	524.07	<b>1.62</b>
68	1.08	SLV-CA2	407.819	-1023.5	526.44	<b>1.29</b>
68	0.00	SLV-CA3	252.981	-916.911	511.22	<b>2.02</b>
68	0.54	SLV-CA3	332.849	-933.503	513.59	<b>1.54</b>
68	1.08	SLV-CA3	416.603	-950.096	515.96	<b>1.24</b>

**Verifica a taglio piedritti – sezione B**

Frame	Station	OutputCase	V <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	V <sub>Rd</sub>	FS
Text	m	Text	KN	KN	KN	
63	0.00	SLU-CA1	-711.001	-1502.26	770.07	<b>1.08</b>

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 80 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

63	0.56	SLU-CA1	-585.924	-1472.97	765.84	<b>1.31</b>
63	1.13	SLU-CA1	-466.383	-1443.68	761.61	<b>1.63</b>
63	0.00	SLV-CA2	-497.92	-1113.26	713.88	<b>1.43</b>
63	0.56	SLV-CA2	-403.112	-1090.73	710.63	<b>1.76</b>
63	1.13	SLV-CA2	-312.499	-1068.2	707.37	<b>2.26</b>
63	0.00	SLV-CA3	-506.704	-1036.96	702.86	<b>1.39</b>
63	0.56	SLV-CA3	-411.896	-1014.43	699.61	<b>1.70</b>
63	1.13	SLV-CA3	-321.284	-991.896	696.35	<b>2.17</b>
69	0.00	SLU-CA1	466.383	-1443.68	761.61	<b>1.63</b>
69	0.56	SLU-CA1	585.924	-1472.97	765.84	<b>1.31</b>
69	1.13	SLU-CA1	711.001	-1502.26	770.07	<b>1.08</b>
69	0.00	SLV-CA2	413.18	-1024.95	701.13	<b>1.70</b>
69	0.56	SLV-CA2	503.793	-1047.48	704.38	<b>1.40</b>
69	1.13	SLV-CA2	598.601	-1070.01	707.63	<b>1.18</b>
69	0.00	SLV-CA3	421.965	-948.648	690.10	<b>1.64</b>
69	0.56	SLV-CA3	512.578	-971.18	693.36	<b>1.35</b>
69	1.13	SLV-CA3	607.385	-993.712	696.61	<b>1.15</b>

Verifica a taglio piedritti – sezione C

### 10.2.3.2 Verifiche allo SLE

#### Verifica delle tensioni di esercizio

Le tensioni massime in esercizio sono le seguenti, e risultano sempre inferiori a  $0,45 f_{ck}$  per la tensione di compressione del calcestruzzo e a  $0,8 f_{yk}$  per la tensione di trazione dell'acciaio.

VERIFICA DELLE TENSIONI D'ESERCIZIO

Frame	Station	OutputCase	M	N	x	$\sigma_c$	$\sigma_{s,teso}$	$\sigma_{s,compresso}$
Text	m	Text	kNm	kN	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
61	0.00	SLE-CA4	-614.71	-975.24	45.31	4.65	89.95	60.11
61	0.52	SLE-CA4	-545.99	-961.49	48.92	4.10	68.83	53.54
61	1.04	SLE-CA4	-510.16	-947.75	51.01	3.81	59.01	50.08
67	0.00	SLE-CA4	-510.16	-947.75	51.01	3.81	59.01	50.08
67	0.52	SLE-CA4	-545.99	-961.49	48.92	4.10	68.83	53.54
67	1.04	SLE-CA4	-614.71	-975.24	45.31	4.65	89.95	60.11

Figura 21 – Valori delle tensioni massime in esercizio nei piedritti – sezione A

VERIFICA DELLE TENSIONI D'ESERCIZIO

Frame	Station	OutputCase	M	N	x	$\sigma_c$	$\sigma_{s,teso}$	$\sigma_{s,compresso}$
Text	m	Text	kNm	kN	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
62	0.00	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	46.66	4.99	123.68	64.78
62	0.54	SLE-CA4	-722.69	-991.83	52.39	4.09	83.40	53.91
62	1.08	SLE-CA4	-614.71	-975.24	58.84	3.41	56.42	45.70
68	0.00	SLE-CA4	-614.71	-975.24	58.84	3.41	56.42	45.70
68	0.54	SLE-CA4	-722.69	-991.83	52.39	4.09	83.40	53.91
68	1.08	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	46.66	4.99	123.68	64.78

**Figura 22 – Valori delle tensioni massime in esercizio nei piedritti – sezione B**

VERIFICA DELLE TENSIONI D'ESERCIZIO

Frame	Station	OutputCase	M	N	x	$\sigma_c$	$\sigma_{s,teso}$	$\sigma_{s,compresso}$
Text	m	Text	kNm	kN	cm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
63	0.00	SLE-CA4	-1307.02	-1053.49	68.10	3.98	83.77	54.15
63	0.56	SLE-CA4	-1065.40	-1030.96	74.99	3.25	57.67	44.65
63	1.13	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	83.84	2.65	37.90	36.80
69	0.00	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	83.84	2.65	37.90	36.80
69	0.56	SLE-CA4	-1065.40	-1030.96	74.99	3.25	57.67	44.65
69	1.13	SLE-CA4	-1307.02	-1053.49	68.10	3.98	83.77	54.15

**Figura 23 – Valori delle tensioni massime in esercizio nei piedritti – sezione C**

### Verifica a fessurazione

L'apertura massima delle fessure nei piedritti sono valutate nella sezioni lungo lo sviluppo degli stessi. Il limite assunto è pari a  $\omega_1=0.2$  mm (armatura non sensibile-ambiente aggressivo-comb. quasi permanente).

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori dell'apertura delle fessure.

VERIFICA A FESSURAZIONE

Frame	Station	OutputCase	M	N	$\sigma_s$	$\epsilon_{sm}$	$\Delta_s$ max	$\omega_d$
Text	m	Text	kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>		mm	mm
61	0.00	SLE-CA4	-614.71	-975.24	89.95	2.6E-04	432.20	0.11
61	0.52	SLE-CA4	-545.99	-961.49	68.83	2.0E-04	432.20	0.09
61	1.04	SLE-CA4	-510.16	-947.75	59.01	1.7E-04	432.20	0.07
67	0.00	SLE-CA4	-510.16	-947.75	59.01	1.7E-04	432.20	0.07
67	0.52	SLE-CA4	-545.99	-961.49	68.83	2.0E-04	432.20	0.09
67	1.04	SLE-CA4	-614.71	-975.24	89.95	2.6E-04	432.20	0.11

**Figura 24 – Valori di apertura delle fessure nei piedritti – sezione A**

VERIFICA A FESSURAZIONE

Frame	Station	OutputCase	M	N	$\sigma_s$	$\epsilon_{sm}$	$\Delta_s$ max	$\omega_d$
Text	m	Text	kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>		mm	mm
62	0.00	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	123.68	3.6E-04	432.20	0.16
62	0.54	SLE-CA4	-722.69	-991.83	83.40	2.4E-04	432.20	0.10
62	1.08	SLE-CA4	-614.71	-975.24	56.42	1.6E-04	432.20	0.07
68	0.00	SLE-CA4	-614.71	-975.24	56.42	1.6E-04	432.20	0.07
68	0.54	SLE-CA4	-722.69	-991.83	83.40	2.4E-04	432.20	0.10
68	1.08	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	123.68	3.6E-04	432.20	0.16

**Figura 25 – Valori di apertura delle fessure nei piedritti – sezione B**

VERIFICA A FESSURAZIONE

Frame	Station	OutputCase	M	N	$\sigma_s$	$\epsilon_{sm}$	$\Delta_s$ max	$\omega_d$
Text	m	Text	kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>		mm	mm
63	0.00	SLE-CA4	-1307.02	-1053.49	83.77	2.4E-04	301.13	0.07
63	0.56	SLE-CA4	-1065.40	-1030.96	57.67	1.7E-04	301.13	0.05
63	1.13	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	37.90	1.1E-04	301.13	0.03

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002_C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 82 di 83

PROGETTO ESECUTIVO

69	0.00	SLE-CA4	-869.67	-1008.42	37.90	1.1E-04	301.13	0.03
69	0.56	SLE-CA4	-1065.40	-1030.96	57.67	1.7E-04	301.13	0.05
69	1.13	SLE-CA4	-1307.02	-1053.49	83.77	2.4E-04	301.13	0.07

**Figura 26 – Valori di apertura delle fessure nei piedritti – sezione C**

Cod. elab.: 109GA204GA04ZCL002 _C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione di calcolo strutture	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione di calcolo.docx		Pagina 83 di 83