

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

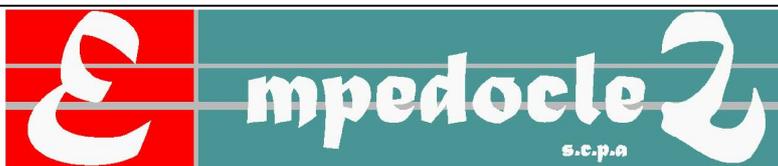
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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 TECNICA GENERALE

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

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

Scala:

F						
E						
D						
C	Ottobre 2011	Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11	A. ANTONELLI	M. NUNZI	M. LITI	P. PAGLINI
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il Committente	A. ANTONELLI	M. NUNZI	M. LITI	P. PAGLINI
A	Aprile 2011	EMISSIONE	A. ANTONELLI	M. NUNZI	M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

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 TECNICA DESCRITTIVA

<i>Cod. elab.:</i> 109GA204GA04ZRH001C	<i>Titolo GA SAN FILIPPO</i>	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	<b>Relazione tecnica descrittiva</b>	<i>Pagina</i> 1 di 29

## Sommario

1	Premessa.....	3
2	Descrizione dell'Opera nel Progetto esecutivo (PE) e nel Progetto Definitivo (PD).....	4
2.1	Descrizione dell'opera nel progetto esecutivo.....	4
2.2	Descrizione dell'Opera nel Progetto esecutivo (PD).....	6
2.3	Differenza tra le opere progettate nel PD e nel PE.....	8
3	Normativa progetto.....	10
3.1	Normativa di progetto PE.....	10
3.2	Normativa di progetto PD.....	10
3.3	Differenza tra il PD e PE.....	10
4	Materiali e durabilità.....	12
4.1	Durabilità e prescrizioni dei materiali PE.....	12
4.1.1	Classi di esposizione ambientale.....	12
4.1.2	Copriferro minimo e nominale.....	14
4.2	Calcestruzzi.....	15
4.2.1	Magrone di Fondazione.....	16
4.2.2	Pali di Fondazione --Soletta di copertura - Muri in elevazione di rivestimento ed imbocchi 16	
4.2.3	Strutture di Fondazione.....	17
4.3	Acciaio.....	19
4.3.1	Acciaio d'armatura B450C.....	19
4.3.2	Acciaio armonico per trefoli dei tiranti.....	20
4.3.3	Acciaio da carpenteria.....	20
4.4	Durabilità e prescrizioni dei materiali PD.....	20
4.5	Differenze sui materiali tra il PE e il PD.....	21
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI NATURALI.....	22
5.1	Parametri geotecnici PE.....	22
5.2	Parametri geotecnici PD.....	23
5.3	Differenze dei parametri geotecnici tra il PD e il PE.....	24
5.4	Terreni di ricoprimento.....	24
6	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI.....	26
6.1	Vita nominale.....	26
6.2	Classe d'uso.....	26
6.3	Periodo di riferimento, tempo di ritorno e Stati Limite.....	26
6.4	Azione sismica.....	27
6.4.1	Accelerazione massima al sito ( $a_g$ ).....	27
6.4.2	Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche.....	28
6.4.3	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	28
6.4.4	Spettri di progetto ( $S_d(T)$ ).....	28
6.5	Differenze tra il PE e il PD.....	29

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 2 di 29

## 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> 109GA204GA04ZRH001C	<i>Titolo GA SAN FILIPPO</i>	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	<b>Relazione tecnica descrittiva</b>	<i>Pagina</i> 3 di 29

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

### 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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 4 di 29

PROGETTO ESECUTIVO

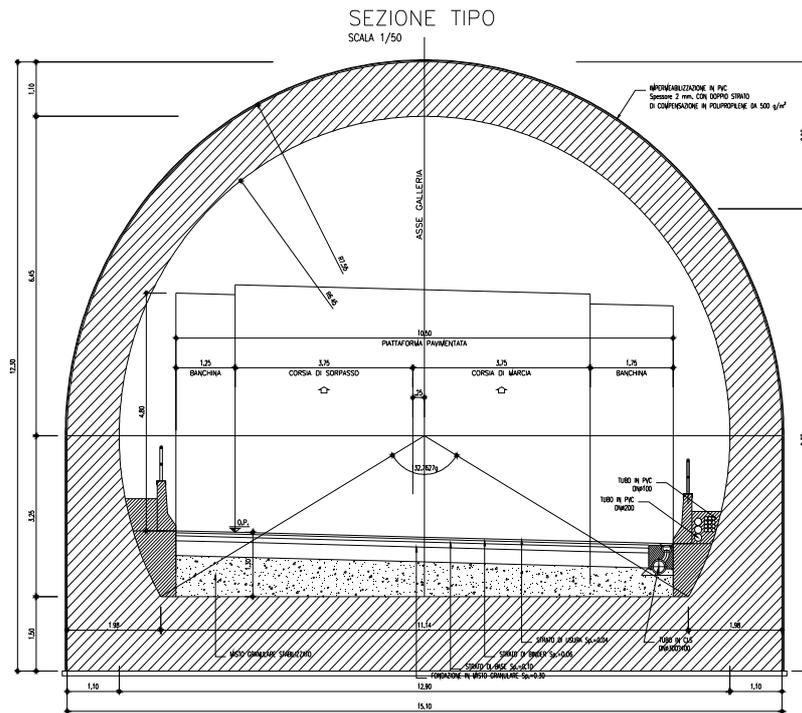


Figura 1 – sezione tipo della canna PE

PORTALE DI IMBOCCO  
 VISTA LONGITUDINALE  
 SCALA 1/100

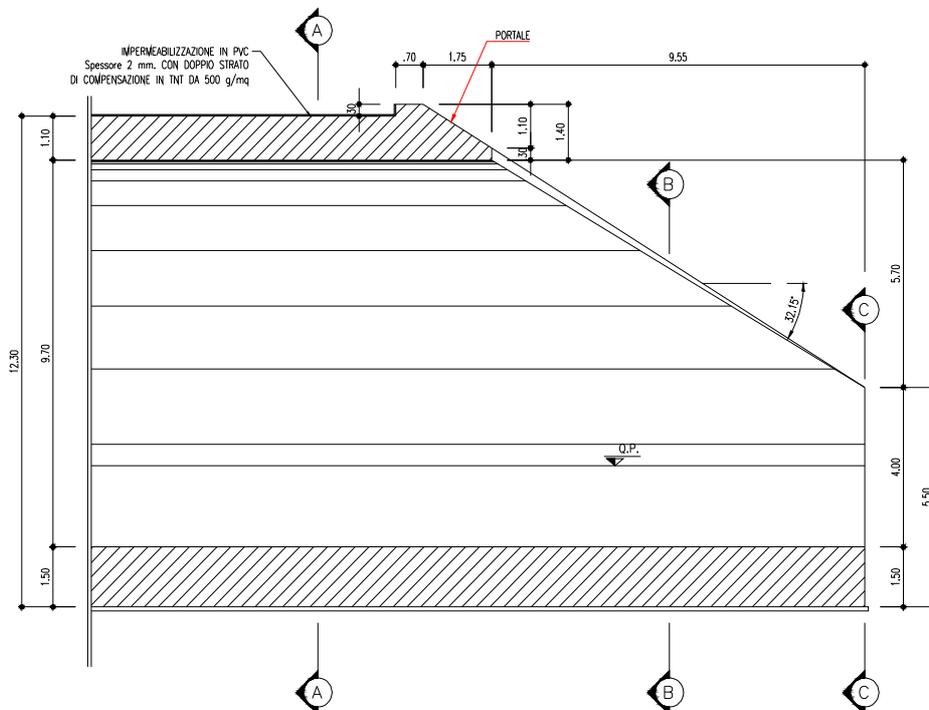


Figura 2 – sezione tipo di imbocco PE lato caltanissetta

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 5 di 29

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.

## 2.2 Descrizione dell'Opera nel Progetto Definitivo (PD)

La galleria artificiale S. Filippo si sviluppa tra il km 17+920.000 ed il km 18+060.000 lungo la carreggiata Agrigento – Caltanissetta, per una lunghezza di 140 metri.

La tipologia della sezione trasversale del Progetto Definitivo è del tipo policentrica composta da un arco superiore, (volta e piedritti) di raggio interno  $R=6.45$  metri, angolo di apertura pari a  $120^\circ$  circa e spessore 110 cm.

La fondazione è costituita da un solettone a spessore costante di 160 cm.

La sezione principale in asse galleria ha un'altezza di 9.70 metri ed una larghezza massima interna di 12.90 metri.

L'imbocco, che conserva trasversalmente la geometria della sezione tipo, in direzione longitudinale è a becco di flauto.

L'altezza di ricoprimento del terreno, nella sistemazione finale, è variabile da zero ad un massimo di 4 metri.

Nelle figure che seguono si riporta la sezione trasversale corrente e la sezione longitudinale in corrispondenza dell'imbocco.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 6 di 29

PROGETTO ESECUTIVO

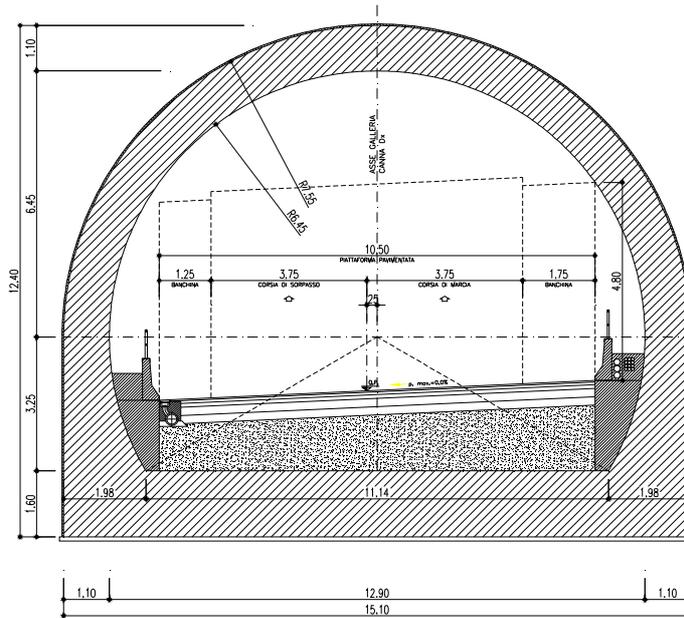


Figura 3 – sezione tipo della canna PD

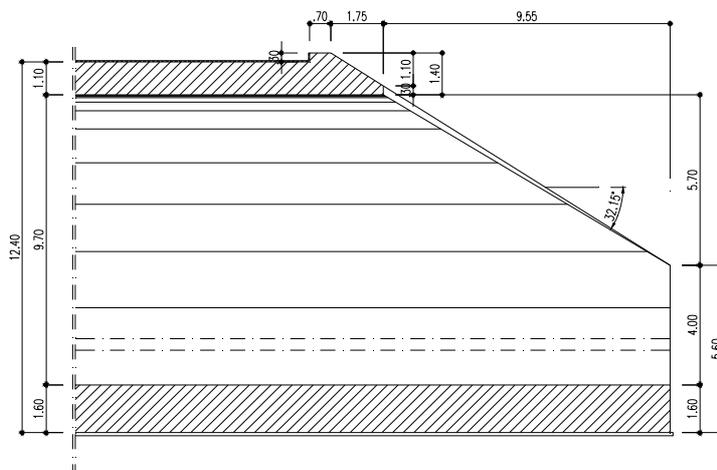


Figura 4 – sezione tipo di imbocco PD

La realizzazione della galleria è prevista con scavo a cielo aperto.

Per il sostegno delle pareti di scavo in fase provvisoria è prevista la realizzazione, per circa 120 metri, in adiacenza della carreggiata Agrigento - Caltanissetta, di una paratia tirantata realizzata tramite pali di grande diametro.

I pali del diametro  $\Phi$  1200 hanno una lunghezza di 19,0 metri e sono posti ad interasse  $i = 1,3$  metri.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 7 di 29

Superiormente è prevista la realizzazione di un cordolo in c.a. delle dimensioni 160 x 140 cm.

A quota -5,40 metri e - 8,90 metri dalla testa cordolo sono disposte due file di tiranti posti ad interasse  $i = 2,6$  metri.

Le strutture di ripartizione orizzontali sono costituite da doppi profilati tipo UPN 240, in acciaio Fe510.

Le fasi esecutive sono le seguenti :

- 1) Esecuzione prescavo fino a quota testa palo;
- 2) Realizzazione pali Ø1200;
- 3) Realizzazione cordolo di collegamento superiore;
- 4) Scavo fino a quota - 6.0 metri da testa cordolo;
- 5) Realizzazione prima fila di tiranti;
- 6) Posizionamento travi di ripartizione e tesatura dei tiranti;
- 7) Scavo fino a quota -10.50 metri da testa cordolo;
- 8) Realizzazione seconda fila di tiranti;
- 9) Posizionamento travi di ripartizione e tesatura seconda fila di tiranti;
- 10) Sbancamento fino alla quota di progetto;
- 11) Realizzazione galleria artificiale;
- 12) Ritombamento con sistemazione finale del terreno.

### 2.3 Differenza tra le opere progettate nel PD e nel PE

Nella tabella seguente si riporta sinteticamente le differenze relative alla geometria ed al sistema costruttivo della Galleria San Filippo tra il PD ed il PE.

Progetto Definitivo		Progetto esecutivo	
<b>Sezione trasversale</b>	Policentrica	<b>Sezione trasversale</b>	Policentrica
<b>Spessore volta</b>	110 cm	<b>Spessore volta</b>	110 cm
<b>Spessore piedritti</b>	110 cm	<b>Spessore piedritti</b>	110 cm
<b>Spessore fondazione</b>	160 cm	<b>Spessore fondazione</b>	150 cm
<b>Sistema costruttivo</b>	A cielo aperto	<b>Sistema costruttivo</b>	A cielo aperto
<b>Opere provvisionali</b>	Paratia tirantata D1200	<b>Opere provvisionali</b>	Paratia tirantata D1200
<b>Imbocchi</b>	Becco di flauto	<b>Imbocchi</b>	Becco di flauto

Per quanto concerne le modalità di esecuzione della galleria. Sia nel PD che nel PE è prevista l'esecuzione dell'opera a cielo con un'opera provvisoria in adiacenza della carreggiata Caltanissetta – Agrigento, costituita da una paratia di pali tirantata lunga circa metri 120. La differenza sulle dimensioni dei pali e dei tiranti della paratia consiste nell'aver considerato (in ottemperanza al DM 2008) anche le verifiche nell'approccio 2 comb. A2+M2+R1 e, per la verifica dei tiranti, i parametri minimi geotecnici.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 8 di 29

PROGETTO ESECUTIVO

---

Pre quanto riguarda il corpo della galleria il progetto esecutivo è del tutto simile al progetto definitivo, l'unica variazione nella sezione della galleria è lo spessore della soletta di fondazione che passa da 160 cm a 150 cm. In merito agli imbocchi anch'essi sono del tutto simili a quelli del progetto definitivo.

<i>Cod. elab.:</i> 109GA204GA04ZRH001C	<i>Titolo GA SAN FILIPPO</i>	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	<b>Relazione tecnica descrittiva</b>	<i>Pagina</i> 9 di 29

### 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.

#### 3.2 Normativa di progetto PD

La progettazione è conforme alle seguenti normative:

- [1] D.M. 14 Gennaio 2008  
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (di seguito richiamata DM 2008)
- [2] 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.

#### 3.3 Differenza tra il PD e PE

Le differenze che nascono tra il progetto definitivo e quello esecutivo sono dovute ad una più affinata applicazione delle norme DM2008. Infatti nella progettazione geotecnica il D.M. 2008 introduce un nuovo approccio. Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione  $E_d \leq R_d$ , dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici dei terreni (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 10 di 29

Per il dimensionamento delle paratie nel secondo approccio progettuale (Approccio 1) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare nelle verifiche di stabilità globale. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Inoltre per il calcolo della resistenza a sfilamento dei tiranti (Rad) è necessario condurre il calcolo della resistenza caratteristica a sfilamento Rak con i parametri geotecnici medi e minimi.

<i>Cod. elab.:</i> 109GA204GA04ZRH001C	<i>Titolo</i> GA SAN FILIPPO	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	<b>Relazione tecnica descrittiva</b>	<i>Pagina</i> 11 di 29

## 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 accordo 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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 12 di 29

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 copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
<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 contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 13 di 29

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.

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 14 di 29

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

- 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 classi 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	
			$C > C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
<b>C25/30</b>	<b>C35/45</b>	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
<b>C28/35</b>	<b>C40/50</b>	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
<b>C35/45</b>	<b>C45/55</b>	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Figura 5 – classi 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

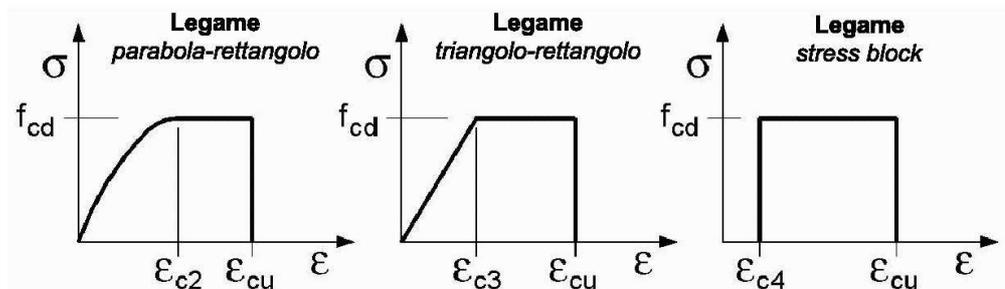
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

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

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

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

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



Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 15 di 29

#### 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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 16 di 29

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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 17 di 29

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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 18 di 29

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

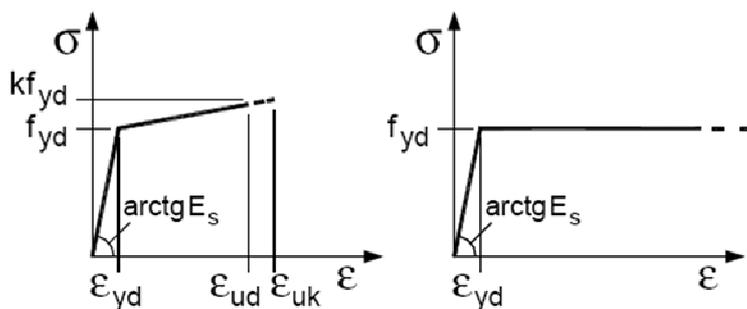
4.3.1 Acciaio d'armatura B450C

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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 19 di 29

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/mm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura
$F_{p(1)k} =$	>1670	N/mm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale
$A_{gt} =$	3.5	MPa	Allungamento sotto carico massimo
$E_S =$	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

#### 4.4 Durabilità e prescrizioni dei materiali PD

Per la realizzazione della galleria artificiale in oggetto è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

##### Calcestruzzo strutturale

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 20 di 29

PROGETTO ESECUTIVO

Classe di esposizione	XC2 (Norma UNI 206-1)	
Classe di resistenza a compressione	C25/30	
Classe di lavorabilità	S3 – S	
Diametro massimo inerte	35 cm	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} \geq$	30 MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione		$f_{ck}=24.9$ MPa
Resistenza di calcolo a compressione	$f$	$cd=14.1$ MPa
Resistenza caratteristica a trazione (frattile 5% )		$f_{tk}=1.79$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione		$f_{ctd}=1.19$ MPa
Resistenza di calcolo a traz. per flessione (frat. 5%)		$f_{ctd}=1.43$ MPa
Tensione massima di esercizio		$\sigma_{se,max}=11.2$ MPa
Modulo elastico medio		$E_{cm}=31447$ MPa

Calcestruzzo magro	C12/15	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} \geq$	15 MPa

Acciaio per armatura	B450C	
Tensione caratteristica di snervamento		$f_{yk} \geq 450$ MPa
Resistenza di calcolo		$f_{yd} = 391$ MPa
Resistenza massima di esercizio		$\sigma_{se,max} = 360$ MPa

Copriferri

Dovranno essere inoltre rispettati i seguenti valori minimi di copriferro:

copriferro minimo per fondazioni =	5 cm
copriferro minimo per superfici a vista =	3.5 cm
copriferro min. per superfici interrate non ispezionabili =	5 cm

#### 4.5 Differenze sui materiali tra il PE e il PD

Nella tabella seguente si riassumono le differenze tra il progetto definitivo e il progetto esecutivo e il progetto esecutivo. La principale differenza è nella classe di consistenza e di resistenza del calcestruzzo. Questa differenza sulla classe di lavorabilità del calcestruzzo adoperato nasce fondamentalmente dall'interfero delle armature, per il quale si ha un getto più agevole con un calcestruzzo più fluido. La differenza sulla resistenza è dovuta al controllo della fessurazione.

Progetto Definitivo		Progetto esecutivo	
<b>Resistenza cls</b>	C25\30	<b>Resistenza cls</b>	C28\35
<b>Tipo di acciaio</b>	B450C	<b>Tipo di acciaio</b>	B450C
<b>Classe di esposizione</b>	XC2	<b>Classe di esposizione</b>	XC2
<b>Classe di consistenza</b>	S3	<b>Classe di consistenza</b>	S4
<b>Copriferro</b>		<b>Copriferro</b>	
Fondazioni	50 mm	Fondazioni	50 mm
Strutture elev. non ispez.	50 mm	Elevazione	50 mm
Strutture elev. ispez.	35 mm		

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 21 di 29

## 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.

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

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 22 di 29

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	$\gamma = 1.94 \text{ T/mc}$ $Cu = 0.50 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 19^\circ$
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	$\gamma = 2.00 \text{ T/mc}$ $Cu = 2.17 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.29 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 21.80^\circ$
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	$\gamma = 2.1 \text{ T/mc}$ $Cu = 1.58 \text{ Kg/cmq}$ $c' = 0.30 \text{ Kg/cmq}$ $\phi' = 24.80^\circ$

Numero di verticali indagate	2	
$\xi_3$	1.65	1.75
$\xi_4$	1.55	1.7

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

$\phi$  = angolo d'attrito

$Cu$  = coesione non drenata

Non vi è presenza di falda.

## 5.2 Parametri geotecnici PD

STRATIGRAFIA DI CALCOLO N. II.5d - galleria artificiale S. Filippo – GA03

In riferimento ai sondaggi S33 – fase 2; e alle progressive di riferimento da 17900 a 18100, nella parte di tracciato d'interesse, si rinvengono le seguenti unità litostratigrafiche:

Unità litostratigrafica	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$c_u$
	$\text{kN/m}^3$	kPa	(°)	kPa
LA - Dalla quota -0.00 a -8.50 si rinviene limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi.	19.7	15	19	160

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 23 di 29

PROGETTO ESECUTIVO

FB - Per una profondità da -8.50 a -15.00 si rinviene formazione di base, ovvero argilla-marnosa tortoniana, parte superiore.	19.5	40	20	150
FB - Per una profondità da -15.00 si rinviene formazione di base, ovvero argilla marnosa grigio-azzurra tortoniana, passante a marna argillosa, parte profonda.	19.6	20	22	160

dove:

$\gamma$  = peso di volume

$c'$  = coesione

$\phi$  = angolo d'attrito

$c_u$  = coesione non drenata

Non vi è presenza di falda.

### 5.3 Differenze dei parametri geotecnici tra il PD e il PE

Profondità (m)	Litotipo	Progetto esecutivo paramtri medi	Progetto esecutivo paramtri minimi	Progetto definitivo	Differenza tra parametri medi
0.00 ÷ 9.00 (1) 0.00 ÷ 15.00 (2)	<u>Brecce Argillose sommitali alterate – TRBa1</u> : limo argilloso e argilla limosa plastica ed alterata	$\gamma = 19.4$ kN/mc		$\gamma = 19.70$ kN/mc	-1.5 %
		$C_u = 50$ kPa		$C_u = 160$ kPa	-68.7 %
		$c' = 15$ kPa		$c' = 15$ kPa	00.0%
		$\phi' = 19.0^\circ$		$\phi' = 19.00$	00.0%
9.00 ÷ 17.00 (1) 15.00 ÷ 23.00 (2)	<u>Brecce Argillose intermedie – TRBa2:</u> <u>argilla limosa a tratti scagliose</u>	$\gamma = 20.0$ kN/mc	$\gamma = 19.59$ kN/mc	$\gamma = 19.5$ kN/mc	+0.26%
		$C_u = 217$ kPa	$C_u = 124.10$ kPa	$C_u = 150$ kPa	+44.7 %
		$c' = 29$ kPa	$c' = 29.10$ kPa	$c' = 40$ kPa	-27.5 %
		$\phi' = 21.80^\circ$	$\phi' = 21.80^\circ$	$\phi' = 20.00^\circ$	+9.0%
15.00 ÷ in prof.(1) 23.00 ÷ in prof (2)	<u>Brecce Argillose profonde – TRBa 2a:</u> <u>argilla e argilla limosa consistente brecciate scagliose consistenti</u>	$\gamma = 21$ kN/mc	$\gamma = 19.41$ kN/mc	$\gamma = 19.6$ kN/mc	+7.1 %
				$C_u = 160$ kPa	
		$c' = 30$ kPa	$c' = 24.10$ kPa	$c' = 20$ kPa	+50 %
		$\phi' = 24.80^\circ$	$\phi' = 22.00$	$\phi' = 22.00^\circ$	+12.7%

I parametri geotecnici assunti nel progetto definitivo sono confermati anche nel progetto esecutivo. La rispondenza tra i valori è migliore per i parametri a lungo termine rispetto a valori dei parametri a breve termine.

### 5.4 Terreni di ricoprimento

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

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

$\gamma = 19$  kNm<sup>3</sup> (peso di volume efficace)

$c' = 0$  KPa (coesione efficace)

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 24 di 29

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

<i>Cod. elab.:</i> 109GA204GA04ZRH001C	<i>Titolo</i> GA SAN FILIPPO <b>Relazione tecnica descrittiva</b>	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		<i>Pagina</i> 25 di 29

## 6 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

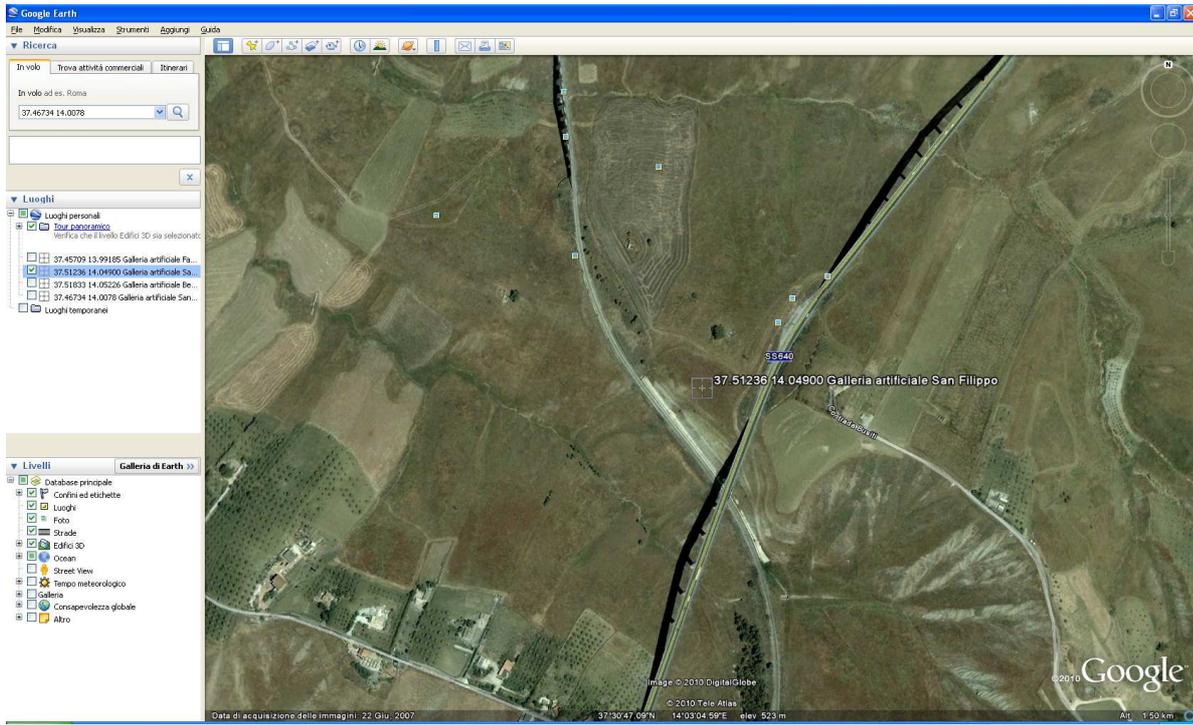


Figura 6 - Localizzazione sito di costruzione

### 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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 26 di 29

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.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 27 di 29

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]

Cod. elab.: 109GA204GA04ZRH001C	Titolo GA SAN FILIPPO Relazione tecnica descrittiva	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 San filippo_relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 28 di 29

PROGETTO ESECUTIVO

<b>SLD</b>	0.066
<b>SLV</b>	0.137

### 6.5 Differenze tra il PE e d il PD

Per quanto riguarda i parametri sismici tra i due progetti non vi è nessuna differenza, sia per la categoria del suolo, sia per l'accelerazione al suolo attesa e sia per i parametri correttivi della stratigrafia e della posizione topografica.