

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIE ARTIFICIALI GALLERIA ARTIFICIALE FAVARELLA RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 0 9 GA 2 0 2 GA 0 2 A 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 FAVARELLA
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

<i>Cod. elab.:</i> 109GA202GA02ZRH001 C	<i>Titolo GA FAVRELLA</i>	<i>Data:</i> ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 1 di 30

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	9
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 ed imbocchi	16
4.3	Acciaio	18
4.3.1	Acciaio d'armatura B450C	18
4.3.2	Acciaio armonico per trefoli dei tiranti	19
4.3.3	Acciaio da carpenteria	19
4.4	Durabilità e prescrizioni dei materiali PD	21
4.5	Differenze sui materiali tra il PE e il PD	21
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI NATURALI	23
5.1	Parametri geotecnici PE	23
5.2	Parametri geotecnici PD	24
5.3	Differenze dei parametri geotecnici tra il PD e il PE	25
5.4	Terreni di ricoprimento	26
6	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI	27
6.1	Vita nominale	27
6.2	Classe d'uso	27
6.3	Periodo di riferimento, tempo di ritorno e Stati Limite	27
6.3.1	Accelerazione massima al sito (a_g)	28
6.3.2	Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche	29
6.3.3	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	29
6.3.4	Spettri di progetto ($S_d(T)$, $S_{dv}(T)$)	29

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 2 di 30

1 PREMESSA

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

Si riporta inoltre un confronto tra la soluzione costruttiva prevista nel progetto esecutivo e la soluzione costruttiva presentata per il progetto definitivo, oltre ad evidenziare le differenze tra le prescrizioni relative ad i materiali ed alla normativa tecnica di riferimento adoperata per l'esecuzione dei calcoli strutturali.

<i>Cod. elab.:</i> 109GA202GA02ZRH001 C	<i>Titolo GA FAVRELLA</i>	<i>Data:</i> ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 3 di 30

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

2.1 Descrizione dell'opera nel progetto esecutivo

La galleria artificiale Favarella è composta da due canne singole in c.a. separate che si sviluppano dalla progressiva 9+690.414 alla progressiva 10+045.473 per la canna sx (lunghezza 355 m comprensivi degli imbocchi) e dalla 9+760.00 alla 10+005.00 (245 m comprensivi degli imbocchi) per la canna dx.

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.

In corrispondenza dell'imbocco lato Agrigento della canna dx la paratia MP31tris si attesta nella sezione di inizio del becco di flauto, pertanto la scarpata a monte della paratia si raccorderà con la scarpata a tergo della struttura di imbocco. In corrispondenza dell'imbocco lato Caltanissetta la II muro di contenimento proseguente l'imbocco si attesta ad una quota coincidente con quella di testa del muro del becco di flauto dell'imbocco della galleria. Sul lato caltanissetta tra le due canne è previsto un muro di contenimento del rilevato della viabilità complementare (Ramo 51 e 19) che nella fase di sistemazione superficiale definitiva è prevista attraversare la galleria.

La realizzazione della galleria è prevista con scavo a cielo aperto con una berlinese di protezione sul alto sinistro della canna sinistra.

Il ricoprimento massimo della galleria è di 6.50 metri .

A protezione dell scavo sarà costruita una paratia di protezione con pali di diametro 1.2 m e 1.5 m multitirantata (fino a 5 ordini di tiranti) con una altezza complessiva fino a 19.0 m. La paratia si sviluppa dalla progressiva 9+690.414 alla progressiva 10+030.593.

Di seguito si riportano le caratteristiche degli schemi di calcolo della paratia.

Paratia tipo A: due tiranti $h = 11.0$ m + 1.50 m cordolo, Lunghezza Pali 21.50 m diametro 1.2 m, interasse 1.4 m.

Paratia tipo B: tre tiranti $h = 13.50$ m +1.50 m cordolo, Lunghezza Pali 26.50 m diametro 1.2 m interasse 1.4 m

Paratia tipo C: quattro tiranti $h = 16.00$ +1.50 m cordolo, Lunghezza Pali 31.50 m diametro 1.2 m interasse 1.4 m

Paratia tipo D: cinque tiranti $h = 17.50$ + 1.50 m cordolo, Lunghezza Pali 36.50 m diametro 1.5 m interasse 2.0 m

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 4 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

SEZIONE TIPO CANNA SX
 SCALA 1/50

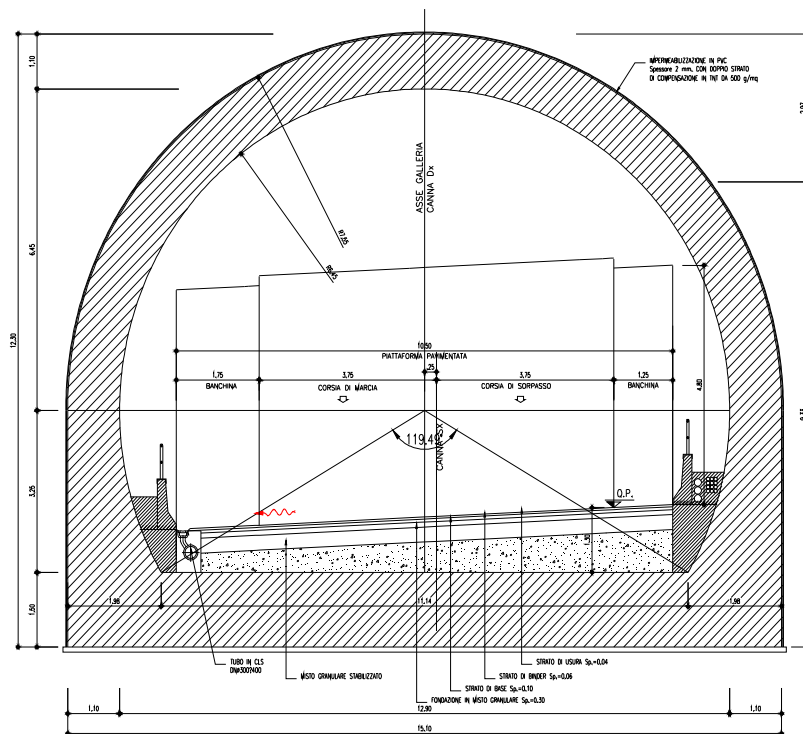


Figura 1 – sezione tipo della canna PE

PORTALE DI IMBOCCO
 VISTA LONGITUDINALE
 SCALA 1/100

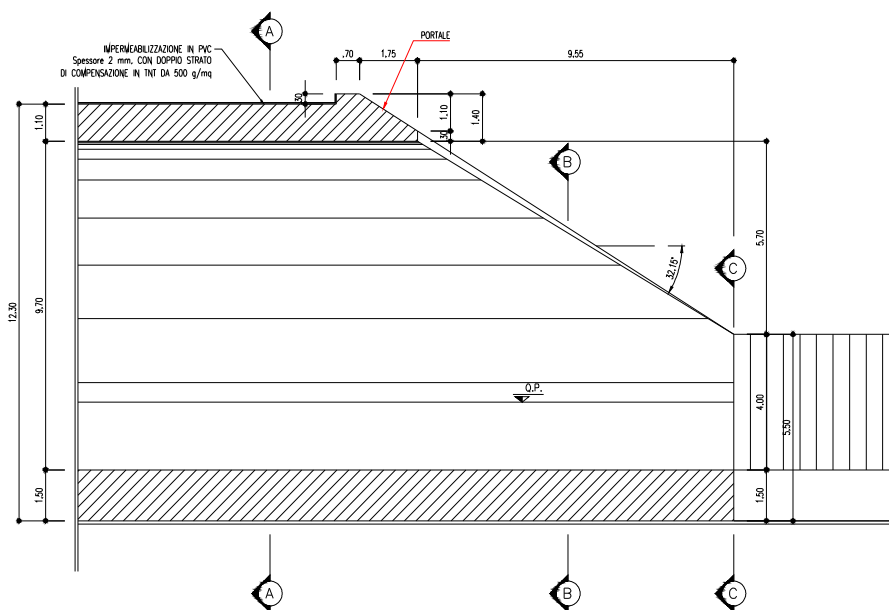


Figura 2 – sezione tipo di imbocco PE lato caltanissetta

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 5 di 30

Per quanto riguarda le fasi realizzative si riassumono di seguito:

1. Esecuzione prescavo fino a quota testa palo;
2. Realizzazione pali $\Phi 1200 - 1500$;
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. Scavo fino a quota - 1.0 metro dalla terza fila di tiranti;
11. Realizzazione terza fila di tiranti;
12. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura dei tiranti;
13. Scavo fino a quota - 1.0 metro dalla quarta fila di tiranti;
14. Realizzazione quarta fila di tiranti;
15. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura tiranti;
16. Scavo fino a quota - 1.0 metro dalla quinta fila di tiranti;
17. Realizzazione quinta fila di tiranti;
18. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura tiranti;
19. Sbancamento fino alla quota di progetto;
20. Realizzazione galleria artificiale;
21. 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)

Nel progetto definitivo la galleria artificiale Favarella si sviluppa tra il km 9+760.000 ed il km 10+004.000 lungo la carreggiata Agrigento – Caltanissetta, per una lunghezza di 244 metri e tra il km 9+675,66 ed il km 10+041.660 lungo la carreggiata Caltanissetta - Agrigento per una lunghezza di 366 metri.

La tipologia della sezione trasversale del Progetto Definitivo che, per ciascuna canna, è del tipo policentrica è composta da un arco superiore, (volta e piedritti) di raggio interno $R=6.45$ m, angolo di apertura pari a 120° circa e spessore 110 cm.

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

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 6 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

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

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 6 m.

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

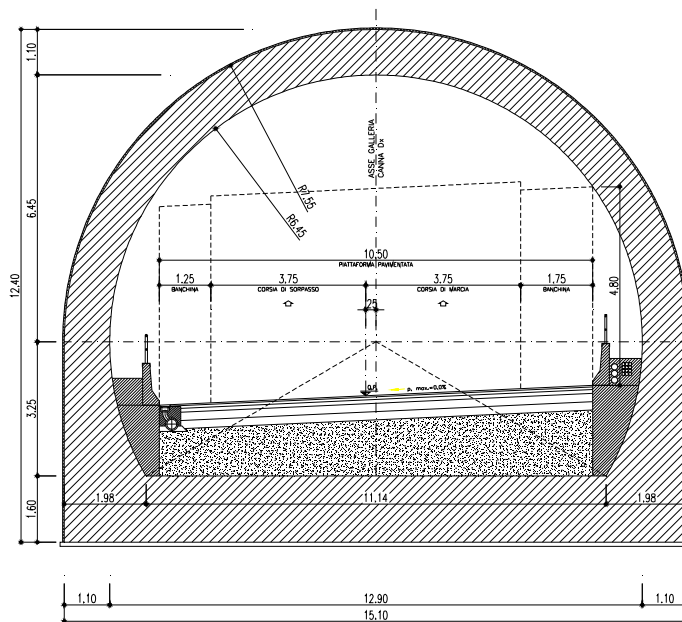


Figura 3 – sezione tipo della canna PD

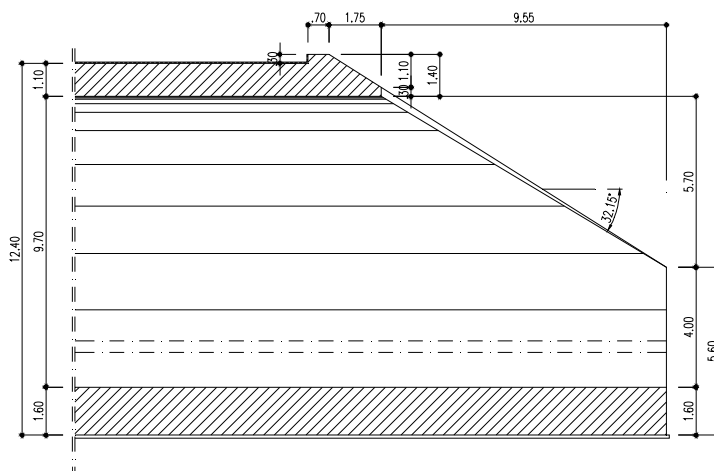


Figura 4 – sezione di imbocco PD

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 7 di 30

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, a protezione di alcuni fabbricati e per circa 362 metri, in adiacenza della carreggiata Caltanissetta – Agrigento, di una paratia tirantata realizzata tramite pali di grande diametro.

I pali del diametro Φ 1200 hanno una lunghezza 19,0 - 25,0 - 33,0 metri e sono posti ad interasse $i = 1,3$ metri.

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

Di seguito si riportano le caratteristiche degli schemi di calcolo in cui è stata suddivisa la paratia

SCHEMA "A" $L_{\text{pali}} = 19.0$ metri 2 file di tiranti

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

SCHEMA "B" $L_{\text{pali}} = 25.0$ metri 3 file di tiranti

A quota +4,00, +8,00 e +12,00 dal fondo scavo sono disposte tre file di tiranti posti ad interasse $i = 2,6$ metri.

SCHEMA "C" $L_{\text{pali}} = 33.0$ metri 4 file di tiranti

A quota -4,00 m, -8,00, -12,00 e - 16,00 m dalla testa cordolo sono disposte quattro file di tiranti posti ad interasse $i = 2,6$ metri per i primi due livelli e ad interasse $i = 1,3$ metri per i rimanenti.

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

Le fasi esecutive sono le seguenti :

1. Esecuzione prescavo fino a quota testa palo;
2. Realizzazione pali Φ 1200;
3. Realizzazione cordolo di collegamento superiore;
4. Scavo fino a quota - 0,5 metri 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 - 0,5 metri dalla seconda fila di tiranti;
8. Realizzazione seconda fila di tiranti;
9. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura dei tiranti;
10. Scavo fino a quota - 0,5 metri dalla terza fila di tiranti;
11. Realizzazione terza fila di tiranti;
12. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura dei tiranti;
13. Scavo fino a quota - 0,5 metri dalla quarta fila di tiranti;
14. Realizzazione quarta fila di tiranti;

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 8 di 30

15. Posizionamento travi di ripartizione e tesatura tiranti;
16. Sbanco fino alla quota di progetto;
17. Realizzazione galleria artificiale;
18. 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 Favarella tra il PD ed il PE.

Progetto Definitivo		Progetto esecutivo	
Sezione trasversale	Policentrica	Sezione trasversale	Policentrica
Spessore volta	110 cm	Spessore volta	150 cm
Spessore piedritti	110 cm	Spessore piedritti	100 cm
Spessore fondazione	160 cm	Spessore fondazione	150 cm
Sistema costruttivo	A cielo aperto	Sistema costruttivo	A cielo aperto
Opere provvisionali	Paratia tirantata D1200 con 4 ordini di tiranti	Opere provvisionali	Paratia tirantata D1200 - 1500 con 5 ordini di tiranti
Imbocchi	Becco di flauto	Imbocchi	Becco di flauto

Per quanto concerne le modalità di esecuzione della galleria. Sia nel PD che nel PE è prevista l'esecuzione delle canne a cielo aperto con un'opera provvisoria in adiacenza della carreggiata Caltanissetta – Agrigento, costituita da una paratia di pali tirantata lunga circa 340 metri. La differenza sulle dimensioni dei pali e dei tiranti della paratia, tra i due progetti, è dovuta all'aver considerato (in ottemperanza al DM 2008) anche le verifiche nell'aproccio 2 comb. A2+M2+R1, e per la verifica dei tiranti, i parametri minimi geotecnici.

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.

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 9 di 30

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

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 10 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

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.

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> 109GA202GA02ZRH001 C	<i>Titolo</i> GA FAVRELLA	<i>Data:</i> ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 11 di 30

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 di 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: XA2
- Strutture di fondazioni : XA2

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 12 di 30

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

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 13 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

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

Figura 5 – 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} e il copriferro minimo derivante da esigenze di durabilità,

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 14 di 30

h è la tolleranza di posizionamento.

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 normalmente 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 6 – 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 _o	C _{min} ≤ C < C _o	≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	≥ C _o	C _{min} ≤ 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 7 – 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

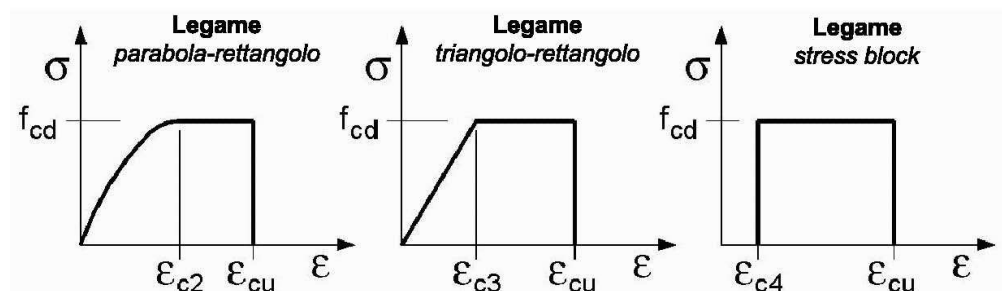
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

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

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

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

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



Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 15 di 30

4.2.1 Magrone di Fondazione

Caratteristiche Generali

cl-res =	C12\15	<i>Classe di Resistenza</i>
cl-esp =	X0	<i>Classe di Esposizione</i>
Cons =	S1 – Umida	<i>Consistenza</i>

4.2.2 Pali di Fondazione – Soletta di copertura – Muri in elevazione ed imbocchi

Caratteristiche Generali

cls-res =	C32\40	<i>Classe di Resistenza</i>
cls-esp =	XA2	<i>Classe di Esposizione</i>
Cond. Ambientale =	Aggressive	<i>Condizioni Ambientali</i>
Rapporto A/C =	0.5	<i>Rapporto acqua / cemento</i>
aggr max =	30	mm <i>Dimensione nominale massima degli Aggregati</i>
Cons =	S4 – fluida	<i>Consistenza</i>
c =	50	mm <i>Copriferro minimo</i>
r =	60	mm <i>Ricoprimento minimo</i>

Valori Caratteristici

R_{ck} =	40	Mpa	<i>Resistenza caratteristica cubica a compressione</i>
f_{ck} =	33.20	Mpa	<i>Resistenza caratteristica cilindrica a compressione</i>
$f_{ctk,5\%}$ =	2.17	Mpa	<i>Resistenza caratteristica a trazione semplice – frattile 5%</i>
$f_{ctk,95\%}$ =	4.03	Mpa	<i>Resistenza caratteristica a trazione semplice – frattile 95%</i>
$f_{cfk,5\%}$ =	2.60	Mpa	<i>Resistenza caratteristica a trazione per flessione – frattile 5%</i>
$f_{cfk,95\%}$ =	4.83	Mpa	<i>Resistenza caratteristica a trazione per flessione – frattile 95%</i>

Valori Medi

f_{cm} =	41.20	Mpa	<i>Resistenza media cilindrica a compressione</i>
f_{ctm} =	3.10	Mpa	<i>Resistenza media a trazione semplice</i>
f_{cfm} =	3.72	Mpa	<i>Resistenza media a trazione per flessione</i>
E_{cm} =	33642.8	Mpa	<i>Modulo Elastic o</i>

Resistenze di Calcolo – SLU

γ_c =	1.5	<i>Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo</i>
α_c =	0.85	<i>Coefficiente per i carichi di lunga durata</i>

Resistenza di calcolo a compressione

f_{cd} =	22.13	Mpa	<i>Resistenza di Calcolo a compressione</i>
$f_{cd,sp<50}$ =	17.70	Mpa	<i>Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm</i>

Resistenza di calcolo a trazione

f_{ctd} =	1.44	Mpa	<i>Resistenza di Calcolo a trazione semplice</i>
$f_{ctd,sp<50}$ =	1.16	Mpa	<i>Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm</i>

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 16 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

f_{cd} =	1.73	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cd.sp<50}$ =	1.39	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
Resistenze di Calcolo – Azioni Eccezionali			
γ_c =	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
α_c =	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata
Resistenza di calcolo a compressione			
f_{cd} =	28.22	Mpa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50}$ =	22.57	Mpa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
Resistenza di calcolo a trazione			
f_{ctd} =	2.16	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50}$ =	1.74	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
f_{cd} =	2.59	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cd.sp<50}$ =	2.09	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con Sp < 50 mm
Resistenze di Calcolo – SLE			
σ_c =	19.92	Mpa	tens. Max calcestruzzo – combinazione rara
σ_c =	14.95	Mpa	tens. Max calcestruzzo – combinazione quasi permanente
Tensioni Ammissibili			
R_{ck} =	40		Resistenza caratteristica cubica a compressione
E_c =	33643	Mpa	Modulo Elastico
γ_c =	25	kN/m ³	Peso Specifico
f_{cd} =	22.13	Mpa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm c}$ =	12.25	Mpa	Tensione Ammissibile
τ_{c0} =	0.733	Mpa	t in assenza armatura a taglio
τ_{c1} =	2.11	Mpa	t in presenza di armatura a taglio
n =	15		Coff. Omogenizzazione

4.2.2.1 Strutture di Fondazione

Caratteristiche Generali

cls-res =	C32\40		Classe di Resistenza
cls-esp =	XA2		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

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 17 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

$R_{ck} =$	40	Mpa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} =$	33.20	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk,5\%} =$	2.17	Mpa	Resistenza caratteristica a trazione semplice – frattile 5%
$f_{ctk,95\%} =$	4.03	Mpa	Resistenza caratteristica a trazione semplice – frattile 95%
$f_{cfk,5\%} =$	2.60	Mpa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione – frattile 5%
$f_{cfk,95\%} =$	4.83	Mpa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione – frattile 95%

Valori Medi

$f_{cm} =$	41.20	Mpa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} =$	3.10	Mpa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	3.72	Mpa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	33642.8	Mpa	Modulo Elastic o

4.3 Acciaio

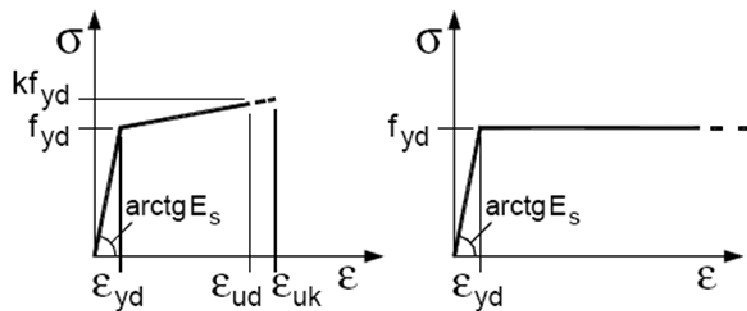
4.3.1 Acciaio d'armatura B450C

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 ϕ	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:
$12 \leq \phi \leq 16$ mm	5 ϕ	
$16 < \phi \leq 25$ mm	8 ϕ	

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 18 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

25 < ϕ ≤ 40 mm 10 ϕ

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*

$\epsilon_{yd} = 0.190\%$ 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/mm² *Tensione caratteristica di rottura*

$F_{p(1)k} = >1670$ N/mm² *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 γ_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:

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 19 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

Es = 210000.0 MPa modulo elastico

vs = 0.3 coefficiente di Poisson

Gs = 80769.23 MPa modulo di elasticità tangenziale

<i>Cod. elab.:</i> 109GA202GA02ZRH001 C	<i>Titolo</i> GA FAVRELLA	<i>Data:</i> ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 20 di 30

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

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%)	$f_{ctk}=1.79$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}=1.19$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione per flessione (frat. 5%)	$f_{ctfd}=1.43$ MPa
Tensione massima di esercizio	$\sigma_{ce,max}=11.2$ 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 interrato 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 resistenza del calcestruzzo. Questa differenza sulla classe di resistenza del calcestruzzo adoperato nasce fondamentalmente dalla definizione della nuova categoria di esposizione derivante dalle recenti analisi chimiche effettuate sulle acque e terreni presenti nella zona in corrispondenza della quale è prevista la costruzione di tale opera. Pertanto indicata la nuova classe di esposizione resta definita la classe minima di resistenza del calcestruzzo e quindi, dalle indicazioni delle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, resta definito il copriferro minimo da prevedere per la struttura in oggetto.

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 21 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

Progetto Definitivo		Progetto esecutivo	
Resistenza cls	C25\30	Resistenza cls	C32\40
Tipo di acciaio	B450C	Tipo di acciaio	B450C
Classe di esposizione	XC2	Classe di esposizione	XA2
Classe di consistenza	S3	Classe di consistenza	S4
Copriferro		Copriferro	
Fondazioni	50 mm	Fondazioni	50 mm
Strutture elev. non ispez.	50 mm	Elevazione	50 mm
Strutture elev. ispez.	35 mm		

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C

Nome file: 0 favarella _relazione tecnica
descrittiva.docx

Titolo GA FAVRELLA
Relazione tecnica descrittiva

Data: ottobre 2011

Pagina 22 di 30

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 "1-C - Modello Geotecnico 1 – GA Favarella: da prog. 9+500 a prog. 10+000" forniti dal geologo di riferimento.

Indagini dirette di riferimento:

Sondaggio 2006	Tipologia	Prof. (m)	Progr. Km	Campioni		
				N°	Sigla	Profondità (m)
S16	Carotaggio continuo	25,00	9+875	1	S16C1	8,00-8,50
				2	S16C2	16,00-16,50
				3	S16C3	24,00-24,50

Sondaggio 2010 Fase 1	Tipologia	Prof. (m)	Progr. Km	Campioni		
				N°	Sigla	Profondità (m)
S03	Carotaggio continuo Down-Hole	30,00	9+820	1	C1	6,00-6,50
				2	C2	12,00-12,50
				3	C3	18,00-18,50
				4	C4	24,00-24,50
				5	C5	29,50-30,00

Penetrometriche dinamiche 2010	Dimensione	Prog. Km
PD23	Prof.= 7,60 m	9+650

ARGILLE PLIOCENICHE SOMMITALI GER1				
Campione	γ KN/mc	c' KN/mq	C_u KN/mq	Φ (°)
S3C1	21,05	35,00	82,60	21,80
S16C1	19,22	22,00	111,84	27,00
Valori medi	20,14	28,50	97,22	24,40
Valori minimi	19,22	22,00	82,60	21,80
Valori massimi	21,05	35,00	111,84	27,00

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 23 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

ARGILLE PLIOCENICHE INTERMEDIE GER2				
Campione	γ	c'	Cu	Φ
	KN/mc	KN/mq	KN/mq	(°)
S3C2	21,05	10,60		29,80
S3C5	21,00		338,30	
S3bisC1	20,20	25,00	331,80	26,00
S3bisC2	20,78		428,20	
S16C2	19,03	57,60	249,05	23,50
S16C3	19,16	22,00		29,10
Valori medi	20,20	28,80	336,84	27,10
Valori minimi	19,03	10,60	249,05	23,50
Valori massimi	21,05	57,60	428,20	29,80

Profondità (m)	Litotipo	Parametri Geotecnici
0.00 ÷ 8.00	Argille Plioceniche sommitali GER1: Limo argilloso, plastico, con presenza di sostanza organica	$\gamma = 2.01$ T/mc
		Cu = 0.97 Kg/cm ²
		$c' = 0.28$ Kg/cm ²
		$\phi' = 24.4^\circ$
8.00 ÷ in prof.	Argille Plioceniche intermedie GER2: argilla limosa con intercalazioni sabbiose a tratti scagliosa, consistente.	$\gamma = 2.02$ T/mc
		Cu = 3.36 Kg/cm ²
		$c' = 0.29$ Kg/cm ²
		$\phi' = 27.1^\circ$

Numero di verticali indagate	2	2
ξ_3	1,65	1,75
ξ_4	1,55	1,70

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

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione

ϕ = angolo d'attrito

Cu = coesione non drenata

Non vi è presenza di falda.

5.2 Parametri geotecnici PD

STRATIGRAFIA DI CALCOLO N. II.1b - galleria artificiale FAVARELLA

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVARELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 24 di 30

PROGETTO ESECUTIVO

In riferimento ai sondaggi S16 – fase 1, e alle progressive di riferimento da 9500 a 10000, nella parte di tracciato d'interesse, si rinvencono le seguenti unità litostratigrafiche:

Unità litostratigrafica	γ	c'	ϕ'	c_u
	kN/m ³	kPa	(°)	kPa
LA - Per una profondità da 0.00 a -8.00, si rinviene limo argilloso, poco plastico, alterato, colore giallastro ed inclusi gessosi, passante ad alluvioni nella parte centrale.	19	30	16	75
FB - Dalla quota -8.00 a -15.00 si rinviene formazione di base, ovvero argilla marnosa pliocenica, parte superiore.	19.3	30	20	110
FB - Per una profondità da -15.00 si rinviene formazione di base, ovvero argilla marnosa pliocenica, parte profonda.	20	30	23.6	220

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione

ϕ = 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 ÷ 8.00	<u>Argille Plioceniche sommitali:</u> Limo argilloso, plastico, con presenza di sostanza organica	$\gamma = 20.1$ kN/mc	$\gamma = 19.22$ kN/mc	$\gamma = 19$ kN/mc	+ 5.8 %
		$C_u = 97$ kPa	$C_u = 82.60$ kPa	$C_u = 75$ kPa	+ 29.3 %
		$c' = 28$ kPa	$c' = 22$ kPa	$c' = 30$ kPa	-6.6 %
		$\phi' = 24.4^\circ$	$\phi' = 21.80^\circ$	$\phi' = 16^\circ$	+ 52.5 %
8.00 ÷ 15	<u>Argille Plioceniche intermedie:</u> argilla limosa con intercalazioni sabbiose a tratti scagliosa, consistente.	$\gamma = 20.2$ kN/mc	$\gamma = 19.03$ kN/mc	$\gamma = 19.3$ kN/mc	+ 4.66 %
		$C_u = 336$ kPa	$C_u = 249.05$ kPa	$C_u = 110$ kPa	+ 205.5 %
		$c' = 29$ kPa	$c' = 10.60$ kPa	$c' = 30$ kPa	+ 3.33 %
		$\phi' = 27.1^\circ$	$\phi' = 23.50^\circ$	$\phi' = 20^\circ$	+ 35.5 %
15 ÷ prof.	<u>Argille Plioceniche intermedie:</u> argilla limosa con intercalazioni sabbiose a tratti scagliosa, consistente.	$\gamma = 20.2$ kN/mc	$\gamma = 19.03$ kN/mc	$\gamma = 20.00$ kN/mc	-1.0%
		$C_u = 336$ kPa	$C_u = 249.05$ kPa	$C_u = 220$ kPa	+ 52.7 %
		$c' = 29$ kPa	$c' = 10.60$ kPa	$c' = 30$ kPa	-3.3 %
		$\phi' = 27.1^\circ$	$\phi' = 23.50^\circ$	$\phi' = 23.6^\circ$	+14.8 %

I parametri medi geotecnici assunti a lungo termine nel progetto definitivo sono confermati anche

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 25 di 30

nel progetto esecutivo. Le differenze si accentuano per i parametri in condizioni non drenate.

5.4 Terreni di ricoprimento

La sistemazione finale della galleria artificiale prevede il suo ricoprimento, fino ad un massimo di 7.0 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)

<i>Cod. elab.:</i> 109GA202GA02ZRH001 C	<i>Titolo</i> GA FAVRELLA	<i>Data:</i> ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 26 di 30

6 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

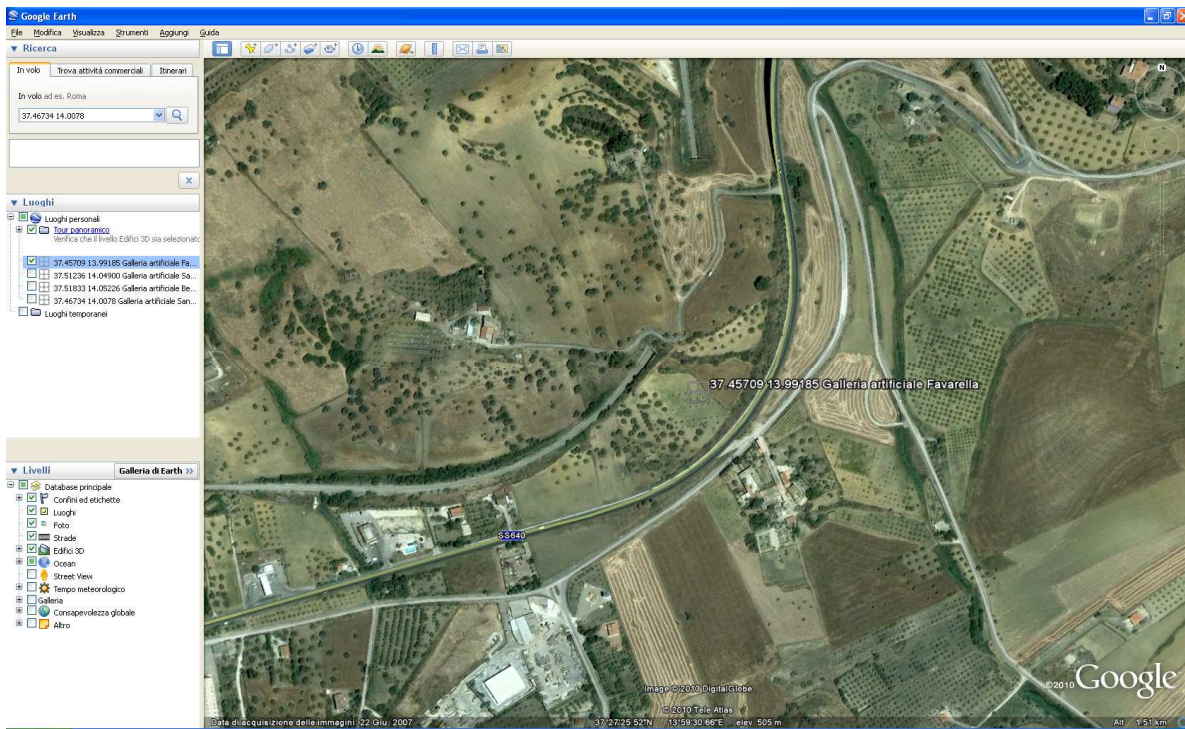


Figura 8 – Localizzazione sito di costruzione

6.1 Vita nominale

Per il tipo di costruzione in oggetto e secondo il DM 2008 si è stabilita una vita: $VN \geq 50$ 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 VR per la valutazione delle azioni sismiche, definito come prodotto della vita nominale per la classe d'uso, risulta:

$$VR = VN * C_u = 50 * 2 = 100 \text{ anni}$$

Ad esso compete un valore del tempo $TR = -VR/\ln(1-PVR)$ che dipende dalla probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento.

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 27 di 30

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

6.3.1 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]
SLO	60	37.45709	13.99185	0.034	2.512	0.272
SLD	101	37.45709	13.99185	0.041	2.534	0.314
SLV	949	37.45709	13.99185	0.085	2.664	0.487
SLV	1950	37.45709	13.99185	0.104	2.757	0.532

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

T_R	Latit.	Longit.	A_g	F_0	T^*_c
[anni]	[N]	[E]	[g]		[s]
30	37.45709	13.99185	0.026	2.483	0.209
50	37.45709	13.99185	0.032	2.505	0.258
72	37.45709	13.99185	0.036	2.519	0.286
101	37.45709	13.99185	0.041	2.534	0.314

Cod. elab.: 109GA202GA02ZRH001 C	Titolo GA FAVRELLA Relazione tecnica descrittiva	Data: ottobre 2011
Nome file: 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx		Pagina 28 di 30

140	37.45709	13.99185	0.046	2.523	0.337
201	37.45709	13.99185	0.053	2.566	0.354
475	37.45709	13.99185	0.069	2.599	0.431
975	37.45709	13.99185	0.086	2.666	0.490
2475	37.45709	13.99185	0.111	2.788	0.548

6.3.2 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 $i \leq 15^\circ$ ".

6.3.3 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]
SLD	1.5	1.0	1.5	0.041	0.061
SLV	1.5	1.0	1.5	0.085	0.128

6.3.4 Spettri di progetto ($S_d(T)$, $S_{dv}(T)$)

Per lo stato limite di esercizio SLD lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontale che verticale, 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 $T=0$ e sia per le componenti orizzontale che verticale, ancora quello elastico corrispondente $S_d(T) = S_e(T)$.

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

Stato Limite	$S_d(T)$	$S_{dv}(T)$
	[g]	[g]
SLD	0.061	0.011
SLV	0.128	0.034

6.4 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.

<i>Cod. elab.:</i> 109GA202GA02ZRH001 C	<i>Titolo</i> GA FAVRELLA	<i>Data:</i> ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 favarella _relazione tecnica descrittiva.docx	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 30 di 30