

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 CATALDO
RELAZIONE TECNICA GENERALE

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 1 1 GA 2 0 3 GA 0 3 Z R H 0 0 1 C

Scala:

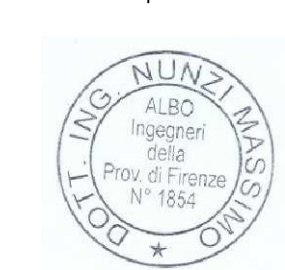
Table with 7 columns: F, E, D, C, B, A, REV. and 7 rows of project details including dates, descriptions, and roles.

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:



Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



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

PROGETTO ESECUTIVO

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

<i>Cod. elab.:</i> 1111GA203GA03ZRH001C	<i>Titolo:</i> Galleria artificiale San Cataldo	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 1 di 27

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)	5
2.3	Differenza tra le opere progettate nel PD e nel PE	8
3	Normativa progetto	9
3.1	Normativa di progetto PE	9
3.2	Normativa di progetto PD	9
3.3	Differenza tra il PD e PE	9
4	Materiali e durabilità	11
4.1	Durabilità e prescrizioni dei materiali PE	11
4.1.1	Classi di esposizione ambientale	11
4.1.2	Copriferro minimo e nominale	13
4.2	Calcestruzzi	14
4.2.1	Magrone di Fondazione	14
4.2.2	Pali di Fondazione -Soletta di copertura - Muri in elevazione di rivestimento ed imbocchi	15
4.2.3	Strutture di Fondazione	16
4.3	Acciaio	17
4.3.1	Acciaio d'armatura B450C	17
4.3.2	Acciaio per micropali (S275)	Errore. Il segnalibro non è definito.
4.3.3	Acciaio per tiranti trefoli	Errore. Il segnalibro non è definito.
4.4	Durabilità e prescrizioni dei materiali PD	18
4.5	Differenze sui materiali tra il PE e il PD	19
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI NATURALI	20
5.1	Parametri geotecnici PE	20
5.2	Parametri geotecnici PD	21
5.3	Differenze dei parametri geotecnici tra il PD e il PE	22
5.4	Terreni di ricoprimento	22
6	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI	24
6.1	Vita nominale	24
6.2	Classe d'uso	24
6.3	Periodo di riferimento, tempo di ritorno e Stati Limite	24
6.4	Azione sismica	25
6.4.1	Accelerazione massima al sito (a_g)	25
6.4.2	Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche	26
6.4.3	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	26
6.4.4	Spettri di progetto ($S_d(T)$, $S_{dv}(T)$)	26

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 2 di 27

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica generale è relativa al progetto esecutivo delle opere per la realizzazione della galleria artificiale San Cataldo 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.: 111GA203GA03ZRH001C</i>	<i>Titolo: Galleria artificiale San Cataldo</i>	<i>Data: Ottobre 2011</i>
<i>Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva</i>	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina 3 di 27</i>

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 Cataldo è composta da due canne collegate in c.a. le quali si sviluppano dalla progressiva 11+575.001 alla progressiva 11+764.981 per la canna dx (lunghezza 189.98 m comprensivi del tratto di imbocco) e dalla 11+569.293 alla 11+759.146 (189.85 m comprensivi del tratto di imbocco) per la canna sx.

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.

Poiché le canne della galleria divergono il ritto centrale è a sezione variabile con un minimo di 124 cm e un massimo di 223 cm (nella sezione di inizio galleria sul lato Agrigento).

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. Al termine degli imbocchi sono presenti due muri di contenimento alti come la sezione di inizio del becco di flauto (4 m) in modo da raccordare il profilo del terreno al termine del muro con quello al termine della sezione di imbocco.

Più precisamente all'imbocco lato agrigento il muro è presente solo sul lato della carreggiata dx e ha una lunghezza di circa 15.10 m. All'imbocco Caltanissetta il muro è presente su entrambi i lati con una dimensione di circa 34.89 m.

Su lato destro della galleria, conformemente al progetto definitivo è prevista la stesatura del terreno in fase provvisoria di scavo con scarpate di altezza massima 5 m e pendenza a 45° , intervallate da banchine orizzontali di m. 2.0.

Il ricoprimento massimo della galleria nella configurazione finale del terreno è di 5.0 m.

La realizzazione della galleria avviene a cielo aperto con protezione dello scavo, su un lato, attraverso una paratia di pali.

La paratia di protezione è realizzata con pali di diametro 1.2 metri di lunghezza 19.00 m e multitirantata (2 ordini di tiranti) con una altezza dello scavo fino a 13.00 metri. La paratia parte da 6.23 m circa oltre la prog. 11+594.145 e finisce 5.99 m circa oltre la prog. 15+694.067 A quota - 4.00 metri e -8.50 metri dall'intradosso del cordolo sono disposte due file di tiranti posti ad interasse $i = 2,8$ metri.

Per quanto riguarda le fasi realizzative si riporta le fasi costruttive.

- 1) Esecuzione prescavo fino a quota testa palo;
- 2) Realizzazione pali $\Phi 1200$ e micopali;
- 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;

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 4 di 27

12) Ritombamento con sistemazione finale del terreno.

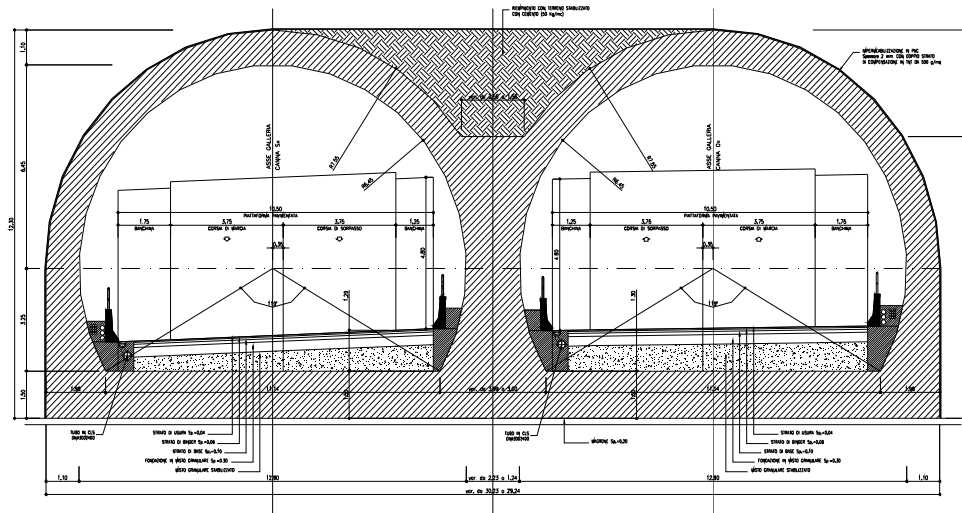


Figura 1 – sezione tipo della canna PE

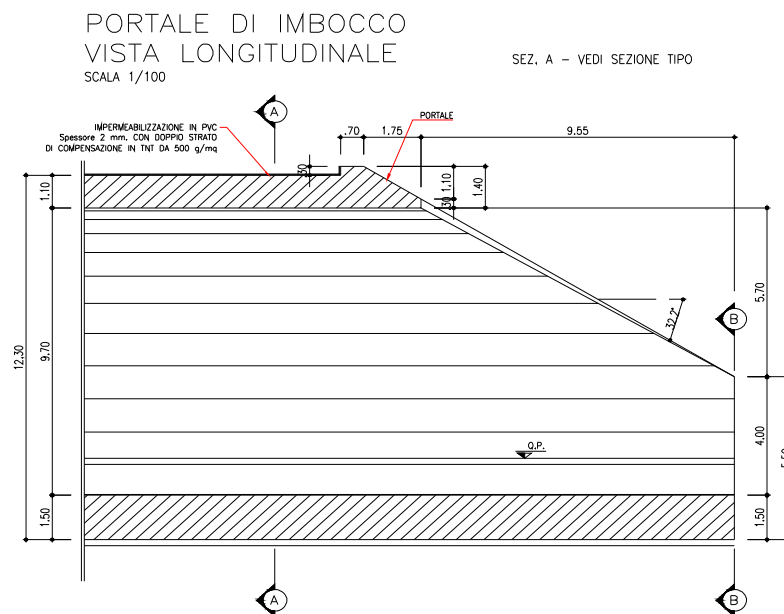


Figura 2 – sezione tipo di imbocco PE lato Caltanissetta

2.2 Descrizione dell’Opera nel Progetto Definitivo (PD)

La galleria artificiale S. Cataldo si sviluppa tra il km 18+555.000 ed il km 11+765.000 lungo la carreggiata Agrigento – Caltanissetta, per una lunghezza di 210 metri e tra il km 11+567.770 ed il km 11+762.720 lungo la carreggiata Caltanissetta - Agrigento per una lunghezza di 194,95 metri. La tipologia della sezione trasversale del Progetto Definitivo che, per ciascuna carreggiata, è del tipo policentrica è composta da un arco superiore, (volta e piedritti) di raggio interno R=6.45 metri, 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.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 5 di 27

Il ritto centrale è a sezione variabile con uno spessore minimo di 110 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.

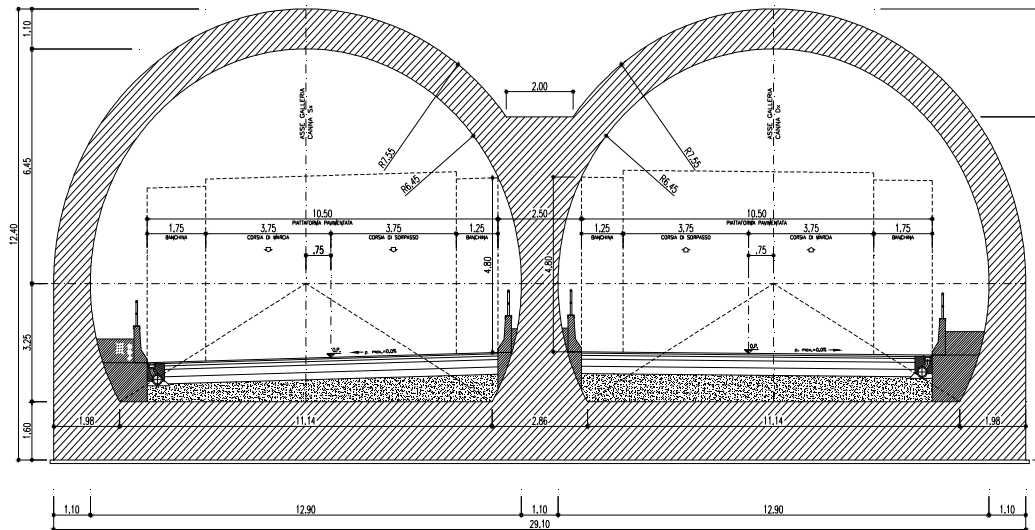


Figura 3 – sezione tipo della canna del PD

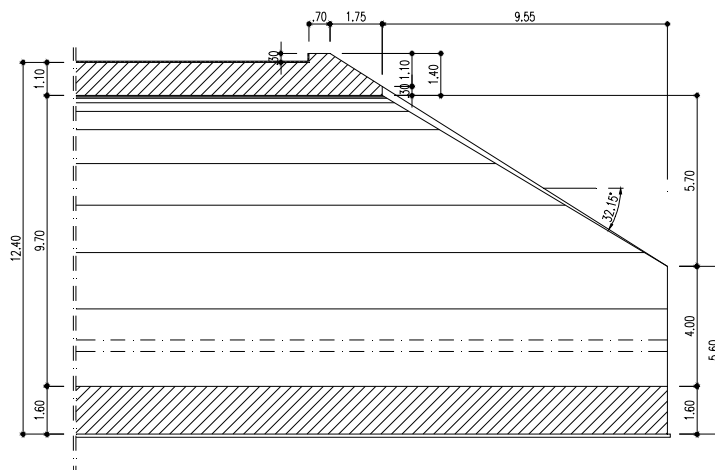


Figura 4 – sezione tipo di imbocco del PD

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

Per il sostegno delle pareti di scavo in fase provvisoria sono previste paratie a protezione dello scavo.

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 6 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

L'opera, realizzata in adiacenza della carreggiata Caltanissetta – Agrigento, è costituita da una paratia tirantata realizzata tramite pali di diametro Φ 1200 (L= 19,0 metri, interasse i= 1,3 metri).

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 Φ 1200;
- 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.

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 7 di 27

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 Bersaglio tra il PD ed il PE.

Progetto Definitivo		Progetto esecutivo	
Sezione trasversale	Policentrica	Sezione trasversale	Policentrica
Spessore volta	110 cm	Spessore volta	110 cm
Spessore piedritti	110 cm	Spessore piedritti	110 cm
Spessore fondazione	160 cm	Spessore fondazione	150 cm
Sistema costruttivo	A cielo aperto	Sistema costruttivo	A cielo aperto -
Opere provvisionali	Paratia tirantata D1200 su un lato	Opere provvisionali	Paratia tirantata D1200 su un lato
Imbocchi	Becco di flauto	Imbocchi	Becco di flauto

Per quanto concerne le modalità di esecuzione della galleria. Nel PD è prevista l'esecuzione dell'opera a cielo aperto con un'opera provvisoria in adiacenza della careggiata sx, costituita da una paratia di pali tirantata lunga circa 101 metri. Nel progetto esecutivo si segue la stessa modalità di esecuzione.

Per 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.

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.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 9 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

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

<i>Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C</i>	<i>Titolo: Galleria artificiale San Cataldo</i>	<i>Data: Ottobre 2011</i>
<i>Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva</i>	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina 10 di 27</i>

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.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 11 di 27

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 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.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 12 di 27

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} è il copriferro minimo derivante da esigenze di durabilità,

h è la tolleranza di posizionamento.

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

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 13 di 27

- 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 classi di esposizione per il calcestruzzo strutturale

C_{min}	C_e	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	
			$>C_e$	$C_{min} \leq C_e < C_e$	$>C_e$	$C_{min} \leq C_e < C_e$	$>C_e$	$C_{min} \leq C_e < C_e$	$>C_e$	$C_{min} \leq C_e < C_e$
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 – 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

Legami Costitutivi

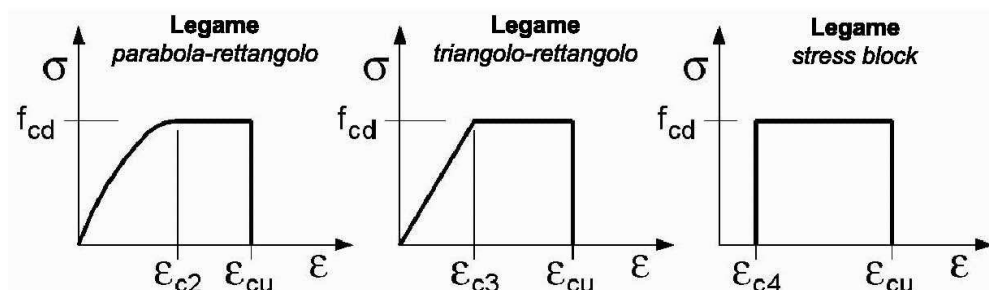
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

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

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

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

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



4.2.1 Magrone di Fondazione

Caratteristiche Generali

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 14 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

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

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

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

Resistenze di Calcolo – SLU

γ_c =	1.5	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} =	22.13	Mpa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50}$ =	17.70	Mpa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenza di calcolo a trazione

f_{ctd} =	1.44	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50}$ =	1.16	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
f_{cfd} =	1.73	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cfd.sp<50}$ =	1.39	Mpa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 15 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

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

$f_{cd} = 28.22$ 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

$f_{ctd} = 2.59$ Mpa Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione

$f_{ctd,sp<50} = 2.09$ Mpa Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenze di Calcolo – SLE

$\sigma_c = 19.92$ Mpa tens. Max calcestruzzo – combinazione rara

$\sigma_c = 14.95$ Mpa tens. Max calcestruzzo – combinazione quasi permanente

Tensioni Ammissibili

$R_{ck} = 40$ Resistenza caratteristica cubica a compressione

$E_c = 33643$ Mpa Modulo Elastico

$\gamma_c = 25$ kN/m³ Peso Specifico

$f_{cd} = 22.13$ Mpa Tensione di Snervamento

$\sigma_{amm c} = 12.25$ Mpa Tensione Ammissibile

$\tau_{c0} = 0.733$ Mpa t in assenza armatura a taglio

$\tau_{c1} = 2.11$ Mpa t in presenza di armatura a taglio

$n = 15$ Coff. Omogenizzazione

4.2.3 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

$R_{ck} = 40$ 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%

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 16 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

$f_{cfk,5\%} =$	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 Elastico

4.3 Acciaio

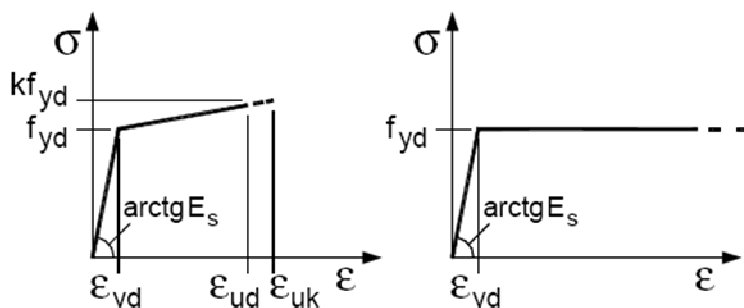
4.3.1 Acciaio d'armatura B450C

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	
$25 < \phi \leq 40$ 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

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 17 di 27

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 ²	Tensione caratteristica di rottura
$F_{p(1)k} =$	>1670	N/mm ²	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 e micropali (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:

$E_s = 210000.0$ 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 stato previsto l'impiego dei seguenti materiali:

Calcestruzzo strutturale

Classe di esposizione

XC2 (Norma UNI 206-1)

Classe di resistenza a compressione

C25/30

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 18 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

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 traz. per flessione (frat. 5%)	$f_{ctd}=1.43$ 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 fundamentalmente dalla definizione della nuova classe 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.

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.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 19 di 27

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 "15 – GA San Cataldo: da prog. 11+550 a prog. 12+183" forniti dal geologo di riferimento.

Indagini dirette di riferimento:

Sondaggio 2006	Tipologia	Prof. (m)	Progr. Km	Campioni		
				N°	Sigla	Profondità (m)
S46	Carotaggio continuo	30,00	11+580	1	S46C1	16,00-16,50
				2	S46C2	21,00-21,50
S23	Carotaggio continuo	25,00	11+750	1	S23C1	20,70-21,20
				2	S23C2	24,00-24,50

Sondaggio 2010 Fase 1	Tipologia	Prof. (m)	Progr. Km	Campioni		
				N°	Sigla	Profondità (m)
S06	Carotaggio continuo	25,00	11+660	1	C1	5,00-5,50
				2	C2	20,00-20,5
				3	C3	24,50-25,00

Penetrometriche dinamiche 2010	Dimensione	Prog. Km
PD28	Prof.= 9,60 m	12+115

Indagini indirette di riferimento:

Sismica a rifrazione 2006	Dimensione	Prog. Km
SS06	L= 78,00 m	11+750

SABBIE e SABBIE ARGILLOSE - SLN				
Campione	γ	c'	Cu	Φ
	KN/mc	KN/mq	KN/mq	(°)
S6C1	20,84	15,00		19,70
S46C1	24,40	31,70	182,80	21,20
Valori medi	22,62	23,35	182,80	20,45
Valori minimi	20,84	15,00	182,80	19,70
Valori massimi	24,40	31,70	182,80	21,20

PROGETTO ESECUTIVO

ARGILLE MARNOSE GER				
Campione	γ	c'	C_u	ϕ
	KN/mc	KN/mq	KN/mq	(°)
S46C2	20,07	54,60		22,30
S23C1	20,26	42,10	267,72	24,30
S23C2	20,27	23,00	237,19	26,50
S6C2	20,32		193,50	
S6C3	21,18	29,20	297,30	24,10
Valori medi	20,42	37,23	248,93	24,30
Valori minimi	20,07	23,00	193,50	22,30
Valori massimi	21,18	54,60	297,30	26,50

Profondità (m)	Litotipo	Parametri Geotecnici
0.00 ÷ 18.00	Sabbie e Sabbie argillose - SLN: Sabbie giallastre con livelli costituiti da calcareniti e quarzareniti e intercalazioni di argille sabbiose con gusci fossili.	$\gamma = 2.26$ T/mc
		$C_u = 1.82$ Kg/cmq
		$c' = 0.23$ Kg/cmq
		$\phi' = 20.45^\circ$
18.00 ÷ in prof.	Argille marnose - GER : argille marnose, talora siltose, dalla tipica colorazione grigio-azzurra con intercalazioni di sottili livelli siltosi .	$\gamma = 2.04$ T/mc
		$C_u = 2.49$ Kg/cmq
		$c' = 0.37$ Kg/cmq
		$\phi' = 24.3^\circ$

Numero di verticali indagate	3	
ξ_3	1,60	1,70
ξ_4	1,48	1,65

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

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione

ϕ = angolo d'attrito

C_u = coesione non drenata

Non vi è presenza di falda.

5.2 Parametri geotecnici PD

STRATIGRAFIA DI CALCOLO N. III.3b - galleria artificiale S. CATALDO – GA02

In riferimento ai sondaggi S23 – fase 1; S46 – fase 2 e alle progressive di riferimento da 11600 a 11900, nella parte di tracciato d'interesse, si rinvennero le seguenti unità litostratigrafiche:

Unità litostratigrafica	γ	c'	ϕ'	c_u
	kN/m ³	kPa	(°)	kPa
R/TV Per una profondità di un metro, si rinviene terreno di copertura vegetale.	17	-	-	-

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 21 di 27

PROGETTO ESECUTIVO

S - Dalla quota -1.00 a -19.00 si rinviene sabbie giallastre con frammenti quarzarenitici, intercalazioni di argilla sabbiosa con gusci fossili.	19	-	30	-
FB - Per una profondità da -19.00 si rinviene formazione di base, ovvero argilla limo-marnosa pliocenica, a tratti sabbiosa.	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 parametri medi	Progetto esecutivo parametri minimi	Progetto definitivo	Differenza tra parametri medi
0.00 ÷ 18.00	<u>Sabbie e Sabbie argillose - SA:</u> Sabbie giallastre con livelli costituiti da calcareniti e quarzareniti e intercalazioni di argille sabbiose con gusci fossili.	$\gamma = 22.62$ kN/mc	$\gamma = 20.84$ kN/mc	$\gamma = 19.0$ kN/mc	+19.1 %
		$C_u = 182.8$ kPa	$C_u = 182.8$ kPa	$C_u = ---$ kPa	-- %
		$c' = 23.4$ kPa	$c' = 15.0$ kPa	$c' = ---$ kPa	-- %
		$\phi' = 20.45^\circ$	$\phi' = 19.70^\circ$	$\phi' = 30^\circ$	-31.8 %
18.00 ÷ prof.	<u>Argille Plioceniche profonde:</u> argilla limosa con intercalazioni sabbiose a tratti scagliosa, consistente.	$\gamma = 20.42$ kN/mc	$\gamma = 20.07$ kN/mc	$\gamma = 20.0$ kN/mc	+ 2.1 %
		$C_u = 248.9$ kPa	$C_u = 193.50$ kPa	$C_u = 220$ kPa	+13.1 %
		$c' = 37.2$ kPa	$c' = 23.0$ kPa	$c' = 30$ kPa	+ 24.0%
		$\phi' = 24.30^\circ$	$\phi' = 22.3^\circ$	$\phi' = 23.6^\circ$	+ 3.0 %

I parametri geotecnici assunti a lungo termine c' e ϕ' nel progetto esecutivo nel primo strato sono inferiori a quelli del progetto definitivo. La differenza è sensibile per l'angolo d'attrito mentre per la coesione non è possibile fare un confronto poiché la caratterizzazione geologica del progetto definitivo definisce lo strato completamente incoerente come sabbie. Nella nuova classificazione del primo strato invece si evidenzia una forte componente di matrice argillosa del terreno. In generale i parametri indicano per il primo strato (di consistente spessore 18 m) un modello di terreno con caratteristiche meccaniche più modeste rispetto al modello assunto nel progetto definitivo. che avrebbe portato ad un rinforzo consistente delle paratie di protezione dello scavo a cielo aperto. Questa circostanza, insieme ad altri fattori già esposti hanno indirizzato la scelta della tecnica di scavo con il metodo "Milano"

Si noti che il primo strato è quello maggiormente interessato dall'opera.

5.4 Terreni di ricoprimento

La sistemazione finale della galleria artificiale prevede il suo ricoprimento, fino ad un massimo di 5 m, con terreno di riporto di caratteristiche opportune.

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

$\gamma = 19$ kNm³ (peso di volume efficace)

$c' = 0$ KPa (coesione efficace)

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 22 di 27

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

<i>Cod. elab.:</i> 111GA203GA03ZRH001C	<i>Titolo:</i> Galleria artificiale San Cataldo	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 23 di 27

6 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

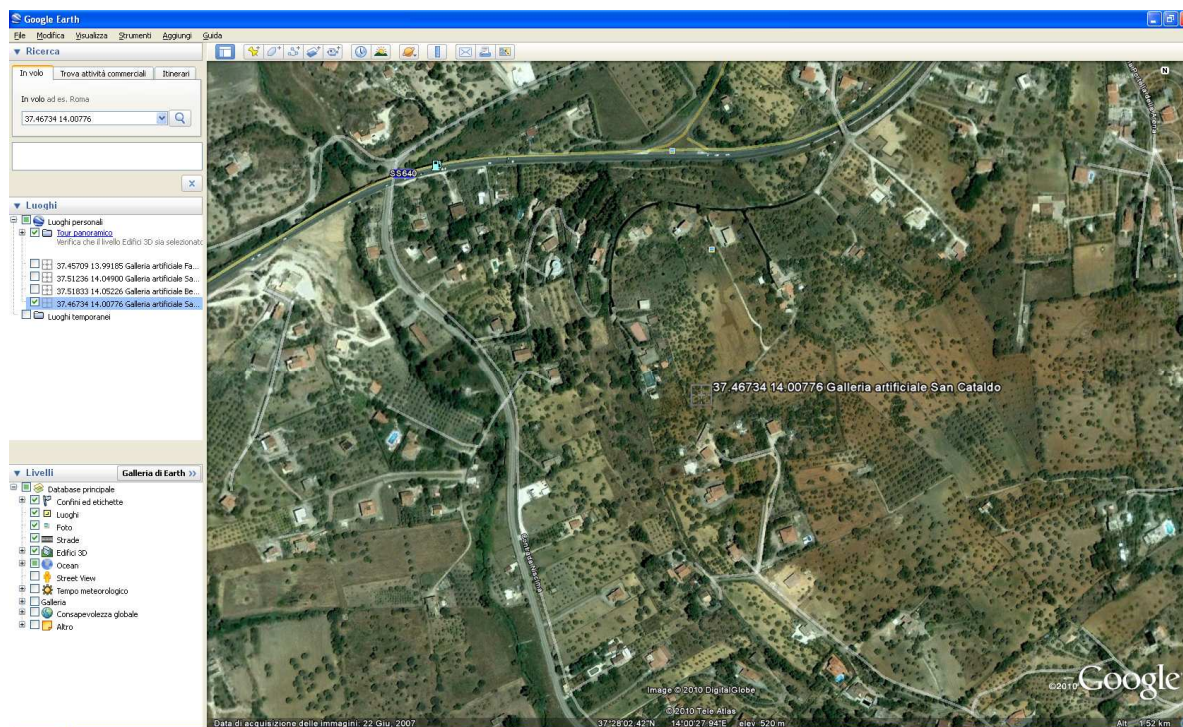


Figura 8 - Localizzazione sito di costruzione

6.1 Vita nominale

Per il tipo di costruzione in oggetto e secondo il DM 2008 si è stabilita una vita:

$$V_N \geq 50 \text{ anni}$$

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.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 24 di 27

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]
SLO	60	37.46734	14.00776	0.035	2.514	0.273
SLD	101	37.46734	14.00776	0.042	2.526	0.315
SLV	949	37.46734	14.00776	0.086	2.663	0.485
SLV	1950	37.46734	14.00776	0.106	2.748	0.532

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.	Longit.	a_g	F_0	T^*_C
[anni]	[N]	[E]	[g]		[s]
30	37.46734	14.00776	0.026	2.481	0.211
50	37.46734	14.00776	0.033	2.506	0.259
72	37.46734	14.00776	0.037	2.521	0.287
101	37.46734	14.00776	0.042	2.526	0.315

Cod. elab.: 111GA203GA03ZRH001C	Titolo: Galleria artificiale San Cataldo	Data: Ottobre 2011
Nome file: 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	Pagina 25 di 27

140	37.46734	14.00776	0.047	2.522	0.337
201	37.46734	14.00776	0.053	2.568	0.354
475	37.46734	14.00776	0.070	2.596	0.432
975	37.46734	14.00776	0.087	2.666	0.487
2475	37.46734	14.00776	0.113	2.776	0.549

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]
SLO	1.5	1.0	1.5	0.035	0.0525
SLD	1.5	1.0	1.5	0.042	0.063
SLV	1.5	1.0	1.5	0.086	0.129
SLC	1.5	1.0	1.5	0.106	0.159

6.4.4 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 è quello elastico corrispondente $S_e(T)$:

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

Per lo stato limite 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, $S_d(T)$ in direzione orizzontale sono quindi richiamati nella tabella seguente:

Stato Limite	S_d(T)
	[g]
SLD	0.063
SLV	0.129

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.

<i>Cod. elab.:</i> 111GA203GA03ZRH001C	<i>Titolo:</i> Galleria artificiale San Cataldo	<i>Data:</i> Ottobre 2011
<i>Nome file:</i> 0 san cataldo_relazione tecnica descrittiva	Relazione tecnica descrittiva	<i>Pagina</i> 27 di 27