

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
SACYR S.A.U. (MANDANTE)
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI LATO SICILIA</p> <p>INFRASTRUTTURA FERROVIARIA – OPERE CIVILI</p> <p>LINEA FERROVIARIA DA OPERA DI ATTRAVERSAMENTO A STAZIONE DI MESSINA</p> <p>POSTO DI MANUTENZIONE – SOTTOPASSO PEDONALE</p> <p>RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA</p>	<p>SF0213_F0</p>
---	---	------------------

CODICE

C G 0 7 0 0 P R G D S F C L 2 P M 0 0 0 0 0 2 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	S. BIANCHI	G. SCIUTO	F. COLLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

INDICE.....	3
PREMESSA.....	5
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI	7
3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004).....	7
3.1.1 Acciaio per armature (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008).....	8
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	9
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA	9
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO	11
4.2.1 Descrizione delle litologie.....	11
4.2.2 Indagini previste	11
4.2.3 Caratterizzazione geotecnica	12
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO	15
4.3.1 Azioni sismiche.....	15
4.3.1.1 Vita nominale.....	15
4.3.1.2 Classe d'uso.....	15
4.3.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica	16
4.3.1.4 Parametri di progetto.....	16
4.3.1.5 Classificazione sismica del terreno	18
4.3.1.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	18
4.3.1.7 Determinazione della forza sismica orizzontale del terreno.	19
4.3.1.8 Criteri generali di progettazione.....	20
Verifiche di resistenza	20
4.3.1.9 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi	20
Verifiche agli stati limite di esercizio.....	21
4.3.1.10 Definizione degli stati limite di fessurazione	21
4.3.1.11 Condizioni ambientali	21
4.3.1.12 Sensibilità delle armature alla corrosione	22
4.3.1.13 Scelta degli stati limite di fessurazione.....	22
4.3.1.14 Verifiche allo stato limite di fessurazione.....	22

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

4.3.1.15	Verifiche delle tensioni in esercizio.....	23
5	FASI COSTRUTTIVE	25
6	ELABORATI DI RIFERIMENTO	26

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PREMESSA

La presente relazione tratta il sottopasso pedonale per il posto di manutenzione ferroviario alla progressiva circa 5+500 (binario dispari) ideato come opera con finalità di attraversamento della tratta ferroviaria Messina-Reggio Calabria.

Il posto di manutenzione è ubicato in adiacenza alla Strada Provinciale n°48 in un tratto in cui la ferrovia si distanzia dalle carreggiate principali dell'Autostrada Messina – Reggio Calabria; vista l'orografia piuttosto complessa della zona si richiede uno scavo propedeutico ai lavori di realizzazione della struttura per portarsi alla quota di cantiere.

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

I calcoli delle strutture sono stati eseguiti in base alle seguenti disposizioni:

- Legge 5/11/1971 n° 1086: "Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. del 14/01/2008 - "Norme Tecniche per le Costruzioni 2008"
- Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2008 – Circolare 2 febbraio 2009 n. 617.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] SEAOC Blue Book “Conceptual Framework for Performance-Based Seismic Design”, Appendix B (2000).
- [2] Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).
- [3] Priestley M.J.N., Seible F. e Calvi G.M. “Seismic Design and Retrofit of Bridges”, J. Wiley & Sons, Inc. (1996).
- [4] Migliacci A. e Mola F., “Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.”. Parte prima e seconda, Ed. Masson. 1996.
- [5] FEMA 440 – “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”, prepared by ATC, ATC-55 Project, Redwood City CA, June 2005.
- [6] FEMA 440 – “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”, prepared by ATC, ATC-55 Project, Redwood City CA, June 2005.
- [7] M. W. O'Neill and L. C. Reese “Drilled shafts: construction procedures and design methods”, prepared for U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; printed by ADSC: The International Association of Foundation Drilling, pub. n. ADSC-TL 4, August 1999.
- [8] CALTRANS “Seismic Design Criteria” Version 1.1; California department of transportation, USA, July 1999.
- [9] ATC-32 “Improved Seismic Design Criteria for California Bridges: Provisional Recommendations” Version 1.1; California, USA, June 1996.
- [10] ATC-49 “Recommended LRFD guidelines for the seismic design of highway bridges. Part I: Specifications. Part II: Commentary and Appendices”, ATC/MCEER Joint Venture, USA, June 2003.
- [11] Roesset J.M. [1969] “Fundamentals of soil amplification”, Conference on Seismic Design for Nuclear Power Plants, MIT, Ed. by Robert J. Hansen, Vol 1, pp. 183-244.
- [12] Mylonakis G. [2001] “Simplified model for seismic pile bending at soil layer interfaces”, The Japanese Geotechnical Society, Vol. 41, No. 4(20010815), pp. 47-58.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 CARATTERISTICHE MATERIALI

Si riportano nel seguito i materiali previsti per la realizzazione delle componenti strutturali principali dell'opera oggetto della presente relazione.

3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004)

Per sottofondazioni

classe di resistenza

C12/15

classe di esposizione

XC0

Fondazioni

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

$E_c = 31.447 \text{ N/mm}^2$

massa volumica di riferimento

$\gamma_c = \text{ kN/m}^3$

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$

resistenza media a compressione cilindrica

$f_{cm} = 33,00 \text{ N/mm}^2$

resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione (valore medio)

$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a trazione

$f_{ctk} = 1,79 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a trazione per flessione

$f_{ctk} = 2,15 \text{ N/mm}^2$

tensione a SLE – combinazione rara

$\sigma_c = 14,94 \text{ N/mm}^2$

tensione a SLE – combinazione quasi permanente

$\sigma_c = 11,20 \text{ N/mm}^2$

copriferro

$C = 40 \text{ mm}$

classe di esposizione

XC2

contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo

$cl = 0,20$

classe di consistenza slump

S4

max dimensione aggregati

$D_{max} = 32 \text{ mm}$

rapporto A/C massimo

0,50

Elevazioni, muri, solette

classe di resistenza

C32/40

modulo elastico

$E_c = 36.050 \text{ N/mm}^2$

massa volumica di riferimento

$\gamma_c = \text{ kN/m}^3$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	32,00	N/mm ²
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	40,00	N/mm ²
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	18,13	N/mm ²
resistenza a trazione (valore medio)	$f_{ctm} =$	3,02	N/mm ²
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} =$	2,11	N/mm ²
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctfk} =$	2,65	N/mm ²
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	19,92	N/mm ²
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	14,94	N/mm ²
copriferro	$C =$	40	mm
classe di esposizione	XC4	XS1	XF2
contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo	cl	0,20	
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	32	mm
rapporto A/C massimo		0,50	

Per il calcestruzzo ordinario armato si assume il seguente peso per unità di volume:

$$\rho'_{cls} = \boxed{25} \text{ kN/m}^3$$

3.1.1 Acciaio per armature (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)

		B450C	
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	540	N/mm ²
resistenza di calcolo a trazione	$f_{vd} =$	391,30	N/mm ²
modulo elastico	$E_s =$	206.000	N/mm ²
deformazione caratteristica al carico massimo	$\varepsilon_{uk} =$	7,50	%
deformazione di progetto	$\varepsilon_{ud} =$	6,75	%
Coeff. resistenza a instabilità delle membrature	$\gamma_m =$	1,10	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione tratta il sottopasso pedonale per il posto di manutenzione ferroviario alla progressiva circa 5+500 (binario dispari) ideato come opera con finalità di attraversamento della tratta ferroviaria Messina-Reggio Calabria.

Il posto di manutenzione è ubicato in adiacenza alla Strada Provinciale n°48 in un tratto in cui la ferrovia si distanzia dalle carreggiate principali dell'Autostrada Messina – Reggio Calabria; vista l'orografia piuttosto complessa della zona si richiede uno scavo propedeutico ai lavori di realizzazione della struttura per portarsi alla quota di cantiere.

L'opera in questione risulta totalmente interrata, in coerenza con i presupposti logici di tale tipologia strutturale. Geometricamente essa è schematizzabile come uno scatolare a sezione quadrata realizzato in c.a., caratterizzato da uno sviluppo longitudinale di 50,93 m avente estradosso a circa 80 cm dalla quota ferro minore tra i binari che lo sovrappassano; alle estremità Nord e Sud dello scatolare sono ubicate le uscite che portano dalla quota della strada di servizio e dei marciapiedi a quella dello scatolare stesso, per una differenza totale di 3,70 m.

La soletta di base del tratto scatolare presenta una larghezza di 3,80 m e uno spessore pari a 0,40 m. Lateralmente ad essa corrono due muri laterali che presentano uno stacco in elevazione pari a 3,30 m totale per un'altezza netta interna di 2,50 m. Il completamento dello schema scatolare è quindi realizzato previa interposizione tra la sommità dei muri laterali e il terreno sovrastante di una soletta superiore spessa 0,40 m.

Alle due estremità dello scatolare sono poste le uscite lato nord e lato sud, caratterizzate invece da elevazioni di spessore pari a 30 cm e da soletta di base di spessore 40 cm; tali uscite presentano forma in pianta pseudo-rettangolare e includono le rampe di scale e le rampe inclinate. In queste zone non è presente una soletta di copertura in calcestruzzo, bensì una copertura leggera composta da un telaio in acciaio e da pannelli in policarbonato antiurto dello spessore di 4 mm.

Per quanto concerne le specifiche tecniche adottate nell'ambito della progettazione, si fa riferimento alla presente relazione, e alle normative di riferimento indicate nel seguito.

FONDAZIONI E SOTTOSTRUTTURE

L'opera è caratterizzata da fondazioni di tipo diretto, costituite dalla soletta di base dello scatolare e delle zone di uscita. Tale soletta presenta quindi una superficie di contatto con il terreno naturale

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</p>	<p><i>Codice documento</i> SF0213_F0</p>		<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

di forma irregolare che nel tratto di scatolare che sottopassa le ferrovie assume una larghezza costante pari a 3,80 m per uno sviluppo di circa 51 m per la parte scatolare.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

4.2.1 Descrizione delle litologie

Le litologie presenti sono le Sabbie e Ghiaie di Messina e i Depositi Alluvionali.

La litologia prevalente è costituita dalla formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina.

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

I Depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore.

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

La falda non risulta interferente con le opere.

4.2.2 Indagini previste

I sondaggi di riferimento per la presente tratta (ferrovia da 5+1 a 5+6 km) sono S447 e S448 (campagna del 2010).

Alla zona in esame si assegna la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **C** (S447).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove granulometriche (sondaggi S447)
- prove SPT (sondaggi S447 e S448)
- 1 prova Cross hole (sondaggio S447)
- 4 prove pressiometriche (sondaggi S447 e S448)
- 4 prove Le Franc (sondaggi S447 e S448).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2.3 Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione (El. CG0800PRBDSSBC8G000000001B). Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

Sabbie e Ghiaie di Messina

Con riferimento al fuso medio (8 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=2\text{mm}$, $d_{60}=4\text{mm}$ e $d_{10}=0.04\text{mm}$. le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 50%, 40%, 9%.

- **Dr:** I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{\text{sg}}=0.55$ corrispondente al $d_{50}=2\text{mm}$
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{\text{max}}-e_{\text{min}}$ pari a 0.26, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{\text{max}}-e_{\text{min}} < 0.29$) Stimando per e_{max} un valore pari a 0.7 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. Il valore di e_o determinato in funzione di z risulta pari a 0.5-0.6.
- **γ_d :** in base a tali valori di e_o e da γ_s si può stimare γ_d , =17-18 KN/m³
- **K_0 :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

Per i parametri di resistenza:

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-10	35-70	38-42	33-35	0.4-0.45
>10	40-60	38-40	33-35	0.4

Come parametri operativi per l'angolo d'attrito si utilizzerà $\phi' = 38-40$.

Per i parametri di deformabilità si ha localmente a disposizione la prova sismica S447 con i quali si evidenzia una buona correlazione delle Vs determinate tramite prove SPT.

Come riferimento per il calcolo delle pressione efficace media non si considera la presenza della falda.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

$$G_0 = 43 z^{0.62}$$

$$E_0 = 105 z^{0.62}$$

$$E' = (14 \div 35) z^{0.62}$$

pari rispettivamente a circa 1/10 ÷ 1/5 (medio - alte deformazioni) ed ad 1/3 di quelli iniziali (piccole deformazioni).

Le quattro prove pressiometriche (S447 e S448 valori del ramo di carico) mostrano anche in questo caso valori dei moduli E' più alti rispetto a quelli del range operativo, mostrando fra 10 e 25m di profondità una variabilità compresa fra 350 e 800 Mpa

Depositi alluvionali

In assenza di indagini locali per le caratteristiche granulometriche si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

L'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 39%), sia di materiali intermedi (sabbie 45%). Il contenuto di fino è mediamente del 14%.

Con riferimento al fuso medio:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.8mm
- Il valore di D_{60} è pari a 2 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.01 mm

Il peso di volume dei grani medio γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr:** I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{sg}=0.75$ corrispondente al $d_{50}=0.8mm$,
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.305 stimando per e_{max} un valore pari a 0.7 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. Il valore di e_o risulta pari a 0.4-0.6.
- **γ_d :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m³.
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le caratteristiche di resistenza si ottiene:

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-15	35-70	37-43	33-35	0.3-0.4

Come parametri operativi per l'angolo d'attrito si utilizzerà $\phi' = 38-40$.

Per le caratteristiche di deformabilità, dalle prove sismiche in foro (S414, S424) e sismiche a rifrazione (S454bis-SR3, S432-SR15 PR18-SR) si ottengono valori di G_0 che mediamente varia da 150 a 250 Mpa fino a 15m di profondità.

I valori di G_0 da prove SPT hanno invece un andamento che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a:

$$G_o = 34 \cdot (z)^{0.65}$$

$$E_o = 80 \cdot (z)^{0.65}$$

$$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0.65}$$

pari rispettivamente a circa $1/10 \div 1/5$ ed ad $1/3$ di quelli iniziali.

Le prove dilatometriche (DMT1, S436) forniscono valori di primo carico, tra 0 e 20m di profondità, compresi fra circa 15MPa ad 1m da p.c. e 60MPa a 15-20m da p.c., valori compatibili con quelli minimi del range.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

4.3.1 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la struttura subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; mentre conserva invece una parte della esistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

4.3.1.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, prudenzialmente, si considera la tipologia di costruzione: "Grandi opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica" (paragrafo 2.4 delle 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14 gennaio 2008').

La vita nominale si assume pertanto pari a $V_N = 100$ anni.

4.3.1.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

riferimento alla Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importante, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità..... Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico.”

Il coefficiente d'uso si assume pertanto pari a $c_U = 2,0$.

4.3.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso.

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \text{ anni} \times 2 = 200 \text{ anni}$$

Le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, sono pari al 10% nel caso dello stato limite SLV.

4.3.1.4 Parametri di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

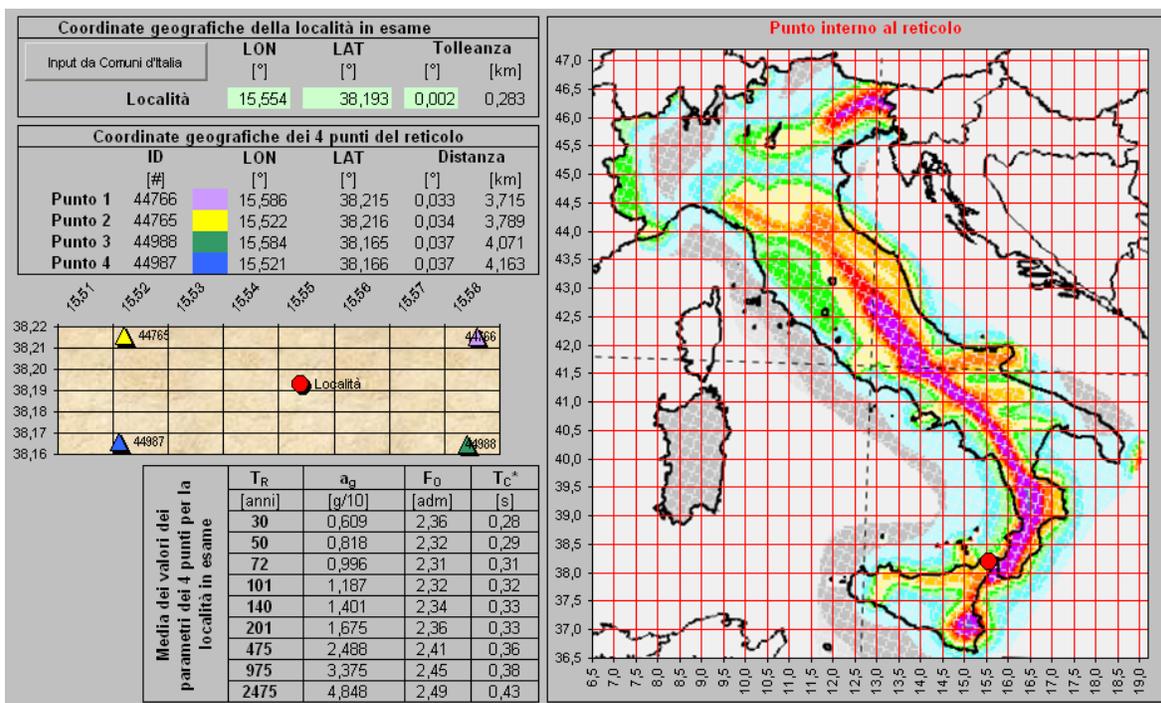
A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.1)} = 1.898 \text{ anni}$$

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. L'accelerazione al sito a_g è espressa in g/10; F_0 è adimensionale, T_C^* è espresso in secondi.

Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri che caratterizzano il Comune di Messina:

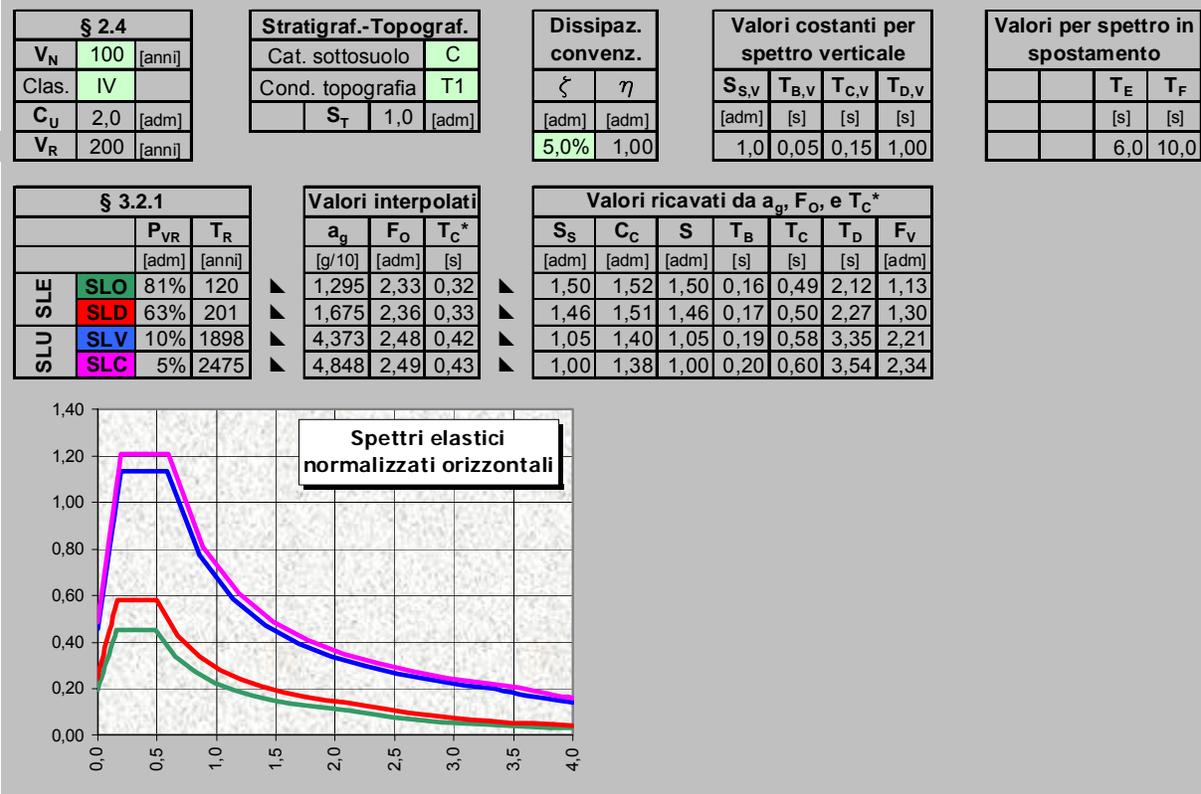


4.3.1.5 Classificazione sismica del terreno

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in accordo con le NTC, si fa riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Gli studi eseguiti, con particolare riferimento alla prova Cross Hole del sondaggio denominato S447 già indicato al paragrafo 4.2.1 della presente relazione, denotano che il terreno è classificabile come **Classe C** che include depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e terreni a grana fine mediamente consistenti.

4.3.1.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Nel seguito si riportano gli spettri elastici orizzontali relativi al sito ed al terreno.

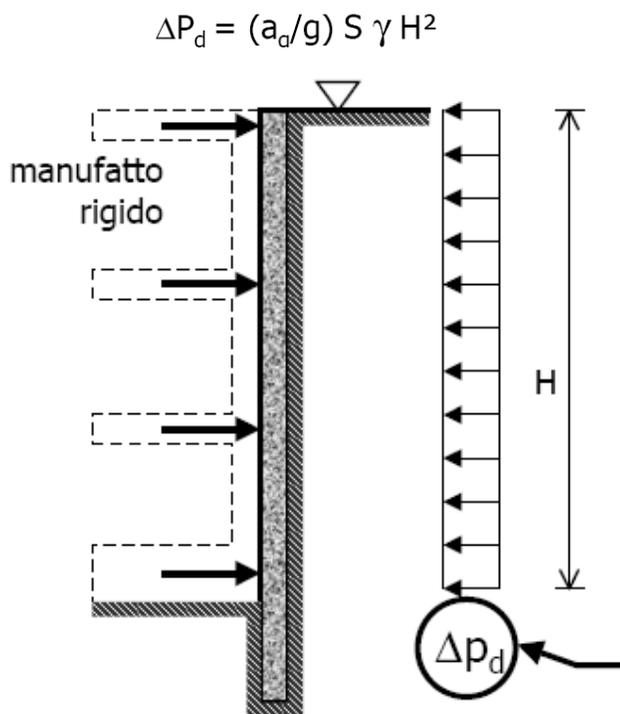


Si individua la condizione topografica, del sito, in accordo con quanto indicato in Tab.3.2.IV delle NTC 2008, come categoria T1, in quanto l'opera in questione è posta lungo il suo sviluppo su una superficie pianeggiante sistemata in fase di cantierizzazione; non sono presenti infatti in corrispondenza dell'ingombro del sottopasso pendii con inclinazione media superiore ai 15° o rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base che giustifichino categorie topografiche differenti.

4.3.1.7 Determinazione della forza sismica orizzontale del terreno.

In accordo con quanto indicato nelle "Norme Tecniche 2008" al paragrafo 7.11.6.2.1, per le verifiche allo SLU si assume il coefficiente di spinta del terreno come segue, considerando la tabella 7.11.II.

Dove l'incremento di spinta attiva del terreno in condizioni sismiche può essere valutata attraverso la teoria di Woods nel seguente modo:



Avente punto di applicazione ad una quota pari ad $H/2$.

4.3.1.8 Criteri generali di progettazione

Verifiche di resistenza

Le verifiche delle sezioni più sollecitate sono state condotte seguendo le prescrizioni del D.M.14/01/08 e seguendo le indicazioni della norma UNI EN 1992-2005.

Più specificatamente la verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto della verifica agli stati limite ultimi, e delle verifiche nei riguardi della fessurazione e delle tensioni di esercizio.

4.3.1.9 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni flettenti M_d sia minore dei corrispondenti momenti resistenti M_r delle sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 “Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti” del D.M. 14 gennaio 2008.

Verifiche agli stati limite di esercizio

4.3.1.10 Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

- a) stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0 ;
- b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

c) stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

4.3.1.11 Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ordinarie.

4.3.1.12 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso. Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari. Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

4.3.1.13 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

4.3.1.14 Verifiche allo stato limite di fessurazione

Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è dato da:

$$w_d = 1,7 \cdot w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ε_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ε_{sm} può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$$\varepsilon_{sm} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.

4.3.1.15 Verifiche delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{per la combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} \quad \text{per la combinazione caratteristica quasi permanente.}$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

Per l'acciaio la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</p>	<p><i>Codice documento</i> SF0213_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

$$\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5 FASI COSTRUTTIVE

Le fasi costruttive per l'esecuzione dell'opera in oggetto, con riferimento alla tavola apposita "Fasi costruttive dell'opera", sono le seguenti:

- Scavo di sbancamento generale fino a quota dell'area di cantiere posta a 42,05 m;
- Realizzazione della berlinese provvisoria a monte dell'uscita lato nord con realizzazione dei tiranti provvisori;
- Scavo del terreno per il sottopasso e le uscite lato nord e sud;
- Costruzione della soletta di fondazione;
- Realizzazione delle elevazioni in c.a. e delle rampe di uscita costituite da scale e rampe inclinate;
- Realizzazione della soletta superiore dello scatolare e dei parapetti in c.a. in corrispondenza delle uscite;
- Realizzazione della copertura sulle uscite lato nord e sud con struttura in acciaio verniciato e pannelli di policarbonato antiurto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SF0213_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nell'eseguire le verifiche relative all'opera di cui alla presente relazione si fa riferimento ai seguenti elaborati:

CG0700	P	RG	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	02	B
CG0700	P	SH	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	01	B
CG0700	P	CL	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	04	C
CG0700	P	CL	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	02	C
CG0700	P	RB	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	01	B
CG0700	P	P7	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	01	B
CG0700	P	Z9	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	01	B
CG0700	P	PZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	03	C
CG0700	P	PZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	04	C
CG0700	P	BZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	01	C
CG0700	P	SZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	02	C
CG0700	P	SZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	03	C
CG0700	P	SZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	04	B