



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> |
|--|--|---|--|

| | | |
|---|--|------------------|
| <i>Unità Funzionale</i> | COLLEGAMENTI CALABRIA | CS0289_F0 |
| <i>Tipo di sistema</i> | INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI | |
| <i>Raggruppamento di opere/attività</i> | ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE | |
| <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> | VIADOTTO ACCESSO RAMI A-B | |
| <i>Titolo del documento</i> | RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| CODICE | C | G | 0 | 7 | 0 | 0 | P | R | G | D | C | S | C | 0 | 0 | V | I | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | F0 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

| REV | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|------------------|-------------|------------|-----------|
| F0 | 20/06/2011 | EMISSIONE FINALE | R.CAFFARENA | G.SCIUTO | F.COLLA |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

INDICE

| | |
|--|----|
| INDICE | 3 |
| PREMESSA..... | 4 |
| 1 RIFERIMENTI NORMATIVI | 4 |
| 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 6 |
| 3 CARATTERISTICHE MATERIALI..... | 9 |
| 3.1 Conglomerato cementizio | 9 |
| 3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni | 9 |
| 3.1.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione..... | 9 |
| 3.1.3 Conglomerato cementizio per fondazioni | 9 |
| 3.1.4 Conglomerato cementizio per elevazioni | 10 |
| 3.1.5 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato, cordoli e baggioli..... | 10 |
| 3.1.6 Conglomerato cementizio per lastre tralicciate..... | 10 |
| 3.2 Acciaio per cemento armato | 11 |
| 3.3 Acciaio per carpenteria metallica | 11 |
| 3.4 Collegamenti bullonati | 12 |
| 3.5 Connettori a piolo | 12 |
| 3.6 Saldature..... | 12 |
| 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA..... | 13 |
| 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA..... | 13 |
| 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO..... | 15 |
| 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO | 26 |
| 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE | 34 |
| 4.4.1 Durabilità delle opere..... | 34 |
| 4.4.2 Definizione della larghezza collaborante..... | 35 |
| 4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc..... | 37 |
| 4.4.4 Classificazione delle sezioni in acciaio..... | 38 |
| 5 FASI COSTRUTTIVE..... | 39 |
| 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO..... | 40 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento statico del ponte ubicato alla PK. 0+273 denominato "Viadotto di Accesso rami A-B" (altezza max. trave 270 cm e luce 40 m), nell'ambito del progetto Definitivo per la realizzazione del "Ponte sullo Stretto di Messina".

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [NT_1]. D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29)"
- [NT_2]. C.M. 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29)"
- [NT_3]. UNI EN 1990: 2006 "Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale"
- [NT_4]. UNI EN 1991-1-1: 2004 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici"
- [NT_5]. UNI EN 1991-1-4: 2005 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento"
- [NT_6]. UNI EN 1991-1-5: 2004 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche"
- [NT_7]. UNI EN 1991-2: 2005 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti"
- [NT_8]. UNI EN 1992-1-1: 2005 "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [NT_9]. UNI EN 1992-2: 2006 "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi"
- [NT_10]. UNI EN 1993-1-5: 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra"
- [NT_11]. UNI EN 1993-1-9: 2005 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-9: Fatica"
- [NT_12]. UNI EN 1993-2: 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti in acciaio"
- [NT_13]. UNI EN 1994-2: 2006 "Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti"

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

- [NT_14]. UNI EN 1997-1: 2005 “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”
- [NT_15]. UNI EN 1998-1: 2005 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”
- [NT_16]. UNI EN 1998-5: 2005 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”
- [NT_17]. UNI 11104-2004 “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”
- [NT_18]. UNI EN 197-1-2007 “Cemento: Parte 1 - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- [NT_19]. UNI EN 206-1-2006 “Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità”
- [NT_20]. CNR DT 207: 2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

RIFERIMENTI PER CALCOLO STRUTTURALE

- [B1]. A.I.C.A.P. [2006] - "Guida all'uso dell'Eurocodice 2"
- [B2]. ANTONIO MIGLIACCI, FRANCO MOLA [2003] - "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a."
- [B3]. CSI COMPUTER & STRUCTURE [2009] - "SAP 2000 user's manual"
- [B4]. C. CESTELLI GUIDI [1987] - "Cemento armato precompresso"
- [B5]. DAVID COLLINGS [2005] - "Steel-concrete composite bridge"
- [B6]. ERASMO VIOLA [1992] - "Scienza delle costruzioni"
- [B7]. INTERNETIONAL CENTRE FOR MECHANICAL SCIENCES [2003] - "Strutture composte: nuove costruzioni – recupero – ponti"
- [B8]. LUIGI SABBATELLA [1998] - "Il cemento armato: la tecnica e la statica"
- [B9]. MARIO PETRANGELI [1996] - "Progettazione e costruzione di ponti"
- [B10]. MARCELLO ARICI, ENZO SIVIERO [2005] - "Nuovi orientamenti per la progettazione di Ponti e Viadotti"
- [B11]. NIGEL R. HEWSON [2006] - "Prestressed concrete bridge: design and construction"
- [B12]. O. BELLUZZI [1996] - "Scienza delle costruzioni"
- [B13]. PAOLO RUGALI [2008] - "Calcolo di strutture in acciaio; guida all'Eurocodice 3"
- [B14]. P. POZZATI, C. CECCOLI [2000] - "Teoria e tecnica delle strutture"
- [B15]. R. WALTHER, B. HOURIET, W. ISLER, P. MOIA, J.F. KLEIN [2008] - "Cable stayed bridges"
- [B16]. WAI-FAH CHEN, LIAN DUAN [2000] - "Bridge engineering, substructure design"

RIFERIMENTI PER CALCOLO SISMICO

- [B17]. ANDRE' PREUMONT, KAZUTO SETO [2008] - "Active control of structures"
- [B18]. AMR S. ELNASHI, LUIGI DI SARNO [2008] - "Fundamental of earthquake engineering"
- [B19]. C. CASAROTTI, R. PINHO, G.M. CALVI [2006] - "Adaptive pushover-based methods for seismic assessment and design of bridge structure"
- [B20]. C.G. LAI, S. FOTI, M. ROTA [2009] - "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti in costruzione"
- [B21]. D. PIETRA, G.M. CALVI, R. PINHO [2008] - "Displacement-based seismic design of isolated bridge"

| | | | | |
|---|---|---|-----------|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | Codice documento CS0289_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

- [B22]. ERASMO VIOLA [2001] - "Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture"
- [B23]. IUSS PRESS, rivista quadrimestrale - "Progettazione sismica"
- [B24]. M.J.N. PRIESTLEY, G.M. CALVI, M.J. KOWLASKY [2007] - "Displacement-based seismic design of structures"
- [B25]. P.E. PINTO, P. FRANCHIN, A. LUPOI [2009] - "Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti"
- [B26]. P.E. PINTO, R. GIANNINI, P. FRANCHIN [2004] - "seismic reliability analysis of structures"

RIFERIMENTI PER CALCOLO GEOTECNICO

- [B27]. ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA [1984] - "Raccomandazioni sui pali di fondazione"
- [B28]. BRINCH-HANSEN, J. [1961] - "A General Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.11, Copenhagen.
- [B29]. BRINCH-HANSEN, J. [1970] - "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- [B30]. BUSTAMANTE M. & DOIX B. (1985) - "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés" Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov.-déc., ref. 3047
- [B31]. BUSTAMANTE M., GIANESELLI L.. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.
- [B32]. BOWLES J.E. [1991] - "Fondazioni – Progetto e Analisi" - Editore McGraw-Hill
- [B33]. CARLO CESTELLI GUIDI [1987] - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni"
- [B34]. DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - "Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface". 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.
- [B35]. GROUP 7.0 for Windows [2000] - Technical & User's manual – Ensoft Inc.
- [B36]. H.G. POULOS, E.H. DAVIS [2002] - "Analisi e progettazione di fondazioni su pali"
- [B37]. JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - "Scale effects of ultimate pile capacity" - Discussion, JGED, ASCE.
- [B38]. LANCELOTTA R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [B39]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations" -

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Geotechnique, 2, 301-332.

- [B40]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - *Canadian Geotechnical Journal*, 1, 16-26
- [B41]. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand" - *Canadian Geotechnical Journal*, 15, 171-182, 183-189.
- [B42]. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1
- [B43]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - "Analysis of laterally loaded piles in sand" – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B44]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B45]. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – *Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.*
- [B46]. SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - *Building Research Congress, London, 1, 180-189.*
- [B47]. VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - *JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.*
- [B48]. VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - *JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.*
- [B49]. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – *Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.*

|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

3 CARATTERISTICHE MATERIALI

3.1 Conglomerato cementizio

I conglomerati cementizi dovranno essere realizzati in accordo con le normative UNI 11104 e UNI EN 206-1; più in dettaglio ogni parte strutturale dovrà possedere le seguenti caratteristiche resistenti:

3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Classe | C12/15 |
| Resistenza caratteristica cubica | $f_{ck,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck,cyl} = 12 \text{ N/mm}^2$ |
| Classe di esposizione | X0 |
| Classe di consistenza | S4 / S5 |

3.1.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione

| | |
|--------------------------------------|--|
| Classe | C25/30 |
| Resistenza caratteristica cubica | $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione media | $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,565 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione (frattile 5%) | $f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 1,795 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione di calcolo | $f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,197 \text{ N/mm}^2$ |
| Classe di esposizione | XC2 |
| Classe di consistenza | S4-S5 |

3.1.3 Conglomerato cementizio per fondazioni

| | |
|--------------------------------------|--|
| Classe | C25/30 |
| Resistenza caratteristica cubica | $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$ |

| | | | | | |
|---|---|---|--|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i> F0</td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i> 20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | | | | |

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Resistenza a trazione media | $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$ | = 2,565 N/mm ² |
| Resistenza a trazione (frattile 5%) | $f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$ | = 1,795 N/mm ² |
| Resistenza a trazione di calcolo | $f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c$ | = 1,197 N/mm ² |
| Classe di esposizione | XC2 | |
| Classe di consistenza | S4 | |

3.1.4 Conglomerato cementizio per elevazioni

| | | |
|--------------------------------------|--|----------------------------|
| Classe | C32/40 | |
| Resistenza caratteristica cubica | $f_{ck,cube} = 40$ | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck,cyl} = 32$ | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5$ | = 18,133 N/mm ² |
| Resistenza a trazione media | $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$ | = 3,024 N/mm ² |
| Resistenza a trazione (frattile 5%) | $f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$ | = 2,117 N/mm ² |
| Resistenza a trazione di calcolo | $f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c$ | = 1,411 N/mm ² |
| Classe di esposizione | XC4 – XS1– XF2 | |
| Classe di consistenza | S4 | |

3.1.5 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato, cordoli e baggioli

| | | |
|--------------------------------------|--|----------------------------|
| Classe | C32/40 | |
| Resistenza caratteristica cubica | $f_{ck,cube} = 40$ | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck,cyl} = 32$ | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5$ | = 18,133 N/mm ² |
| Resistenza a trazione media | $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$ | = 3,024 N/mm ² |
| Resistenza a trazione (frattile 5%) | $f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$ | = 2,117 N/mm ² |
| Resistenza a trazione di calcolo | $f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c$ | = 1,411 N/mm ² |
| Classe di esposizione | XF4 | |
| Classe di consistenza | S4 | |

3.1.6 Conglomerato cementizio per lastre tralicciate

| | | |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Classe | C35/45 | |
| Resistenza caratteristica cubica | $f_{ck,cube} = 45$ | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica | $f_{ck,cyl} = 35$ | N/mm ² |

|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 19,833 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione media | $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 3,210 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione (frattile 5%) | $f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 2,247 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione di calcolo | $f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,498 \text{ N/mm}^2$ |
| Classe di esposizione | XS1–XF2 |
| Classe di consistenza | S4 |

3.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

| | |
|---|---|
| Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione caratteristica a rottura | $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$ |
| Deformazione caratteristica al carico massimo | $\epsilon_{uk} = 7,5 \%$ |
| Deformazione di progetto | $\epsilon_{ud} = 6,75 \%$ |

3.3 Acciaio per carpenteria metallica

In conformità con la norma UNI EN 10025:

- Elementi composti per saldatura:

spessori $t \leq 40 \text{ mm}$:

| | |
|-----------------------|---|
| Tipo | S355J2G3 |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$ |

spessori $t > 40 \text{ mm}$:

| | |
|-----------------------|---|
| Tipo | S355K2G3 |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$ |

- Elementi non saldati:

spessori $t \leq 16 \text{ mm}$:

| | |
|-----------------------|---|
| Tipo | S355J0 |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$ |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

spessori $16 < t \leq 40$ mm:

| | |
|-----------------------|---|
| Tipo | S355J0 |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$ |

3.4 Collegamenti bullonati

Giunzioni ad attrito da realizzarsi con bulloneria ad alta resistenza a serraggio controllato secondo UNI 3740 e UNI 20898 parte I e II:

- Viti classe 10.9 (UNI EN ISO 898-1:2001)
- Dadi classe 10 (UNI EN ISO 20898-2:1994)
- Rosette acciaio C50 EN10083 (HRC 32-40) (UNI EN ISO 10083-2:2006)

Le giunzioni bullonate ad attrito dovranno prevedere un coefficiente di attrito pari a 0,3 e coppie di serraggio secondo D.M. 14.01.2008.

I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado.

Fori per bulloni secondo D.M. 14/01/2008.

3.5 Connettori a piolo

In conformità con la norma UNI EN ISO 13918:

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| Acciaio tipo | ST 37-3K (S235J2G3+C450) |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 350 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ |
| Allungamento | $A \geq 15\%$ |
| Strizione | $Z \geq 50\%$ |

3.6 Saldature

In conformità con il D.M. 14/01/2008.

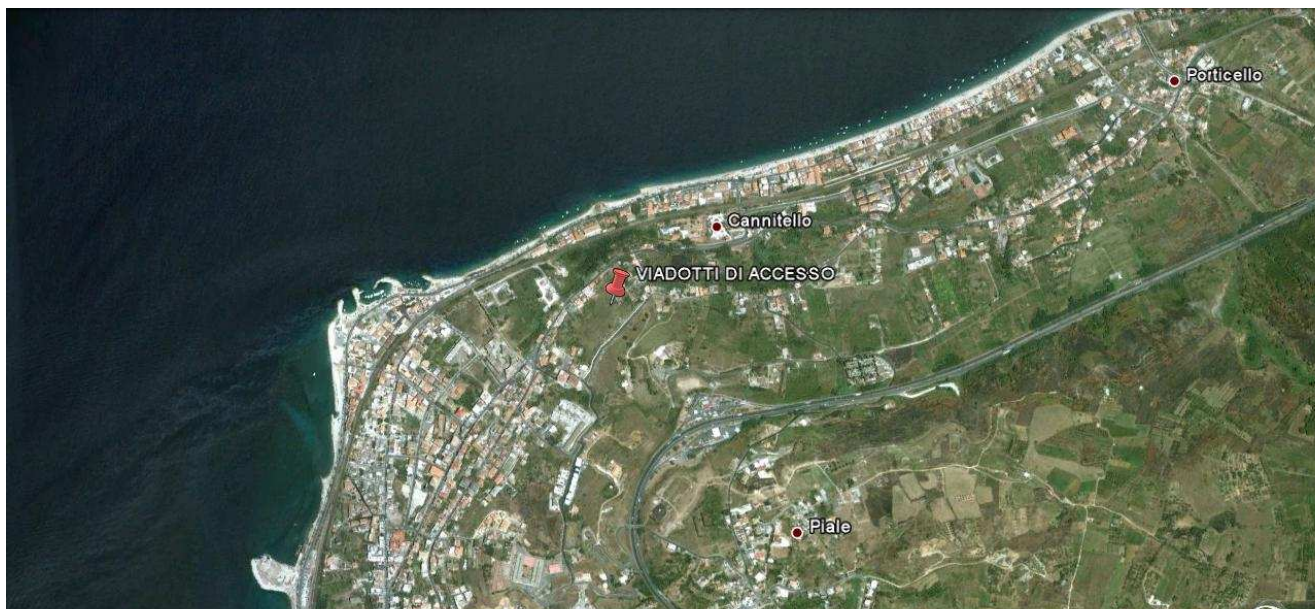
Dove non diversamente specificato si prevedono saldature a cordone d'angolo di lato pari a 0.7 per lo spessore minimo da collegare se su entrambi i lati, e di lato pari allo spessore minimo da collegare se su un solo lato. Tutti i cordoni devono essere sigillati sul contorno. Per i giunti a piena penetrazione le lamiere dovranno essere preventivamente preparate con opportuno cianfrino.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento, ricade all'incirca alla Latitudine di 38,231286 e Longitudine di 15,644657.



F1. Individuazione della zona in cui ricade l'opera

L'opera si sviluppa con andamento rettilineo su un'unica via di corsa di larghezza massima $B = 20,88$ m (dei quali $14,00 + 3,25$ m carrabili) e si presenta retto rispetto alla direzione di percorrenza della viabilità; l'angolo tra l'asse longitudinale del ponte e l'asse appoggi è pari a 90° . Da un punto di vista statico, la struttura è a 1 campata con luce di calcolo pari a 40 m:

| Campata | Lunghezza [m] |
|--|----------------------|
| Spalla A – Asse appoggi viadotto terminale | 40,00 |

L'impalcato è a graticcio, realizzato mediante 3 travi metalliche doppio T con soletta in c.a. collaborante (prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta o similari, autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta) e traversi metallici reticolari. Le

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

travi in acciaio hanno altezza costante lungo il loro sviluppo longitudinale e un interasse variabile (max 8,00 m). La larghezza delle piattabande superiori ed inferiori e lo spessore dei singoli elementi è costante lungo lo sviluppo della trave (vedi elaborati grafici):

| | TIPO 1 |
|-----------------------|---------------|
| H trave (mm) | 2700 |
| Piattabanda sup. (mm) | 800x40 |
| Anima (mm) | 28 |
| Piattabanda inf. (mm) | 1000x45 |

Le travi in acciaio vengono prefabbricate in officina per conci di lunghezza massima 8,00 m, conci risultano trasportabili agevolmente senza oneri specifici.

La spalla è in c.a. di tipo tradizionale con muro frontale, paraghiaia e muri andatori, con fondazione di tipo diretto. La sezione trasversale della spalla è costituita dal muro frontale di spessore costante pari a 2,30 m, posto davanti al muro paraghiaia di spessore di 50 cm che si eleva fino a quota pavimentazione; i muri andatori hanno spessore costante pari a 150 cm.

Per limitare le deformazioni del paramento verticale viene realizzato un taglione in c.a. gettato in opera dello spessore di 100 cm, posto a tergo della spalla in posizione baricentrica.

Le spalle sono rette rispetto all'asse longitudinale del ponte, parallele alla direzione di scorrimento del corso d'acqua interferito.

Il sistema di vincolamento è realizzato mediante appoggi tipo VASOFLON, creando uno schema statico isostatico mediante un carrello e una cerniera. Saranno quindi predisposti:

- su spalla A = 2 appoggio unidirezionale trasversali + 1 appoggio fisso
- su struttura terminale (asse appoggi viadotto terminale) = 2 appoggi multidirezionali +1 appoggio unidirezionale longitudinale

I dispositivi saranno progettati affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo e risultino idonei:

- a trasmettere le forze conseguenti alle azioni sismiche;
- ad evitare sconnessioni tra gli elementi componenti il dispositivo di vincolo;
- ad evitare la fuoriuscita dei vincoli dalle loro sedi.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo.

Sono presenti inoltre ritegni sismici di emergenza in direzione trasversale (realizzati in cemento armato), i quali non possono però essere considerati come dispositivi di ritenuta adatti a fenomeni ciclici perché durante un evento sismico sono elementi soggetti a fenomeni di martellamento.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Le fondazioni si attestano a una profondità media da p.c. di circa 10 m.

La zona in cui ricade l'opera in oggetto presenta quindi una stratigrafia uniforme caratterizzata dai "conglomerati di pezzo".

Più in dettaglio tale litologia presenta le seguenti caratteristiche:

| | |
|-------------------------------|---|
| γ (kN/m ³) | 20÷22 |
| c'_{picco} (kPa) | 0÷100 (0-25m) per profondità maggiori vedi tabella par. 2.7.4. |
| ϕ'_{picco} (°) | 38-42 (0-25m) per profondità maggiori vedi tabella par. 2.7.4 |
| C_{residuo} ' (kPa) | vedi tabella par. 2.7.4 |
| Φ_{residuo} ' (°) | vedi tabella par. 2.7.4 |
| k_o (-) | 0.7-0.9 |
| V_s (m/sec) | $V_s = 280 \cdot (z)^{0.2}$ |
| G'_o (MPa) | $G'_o = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.50}$ |
| E' (MPa) * | E'=150-300 (0 -20m) E'=300-500 (20 - 35m) E'=500-900 (35 - 65m) |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | |
|------------|-------------------------|
| | $E'=900 -1500^* (>65m)$ |
| ν' (-) | 0.2-0.3 |
| $K(m/s)$ | 10^{-7} |

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

N_{SPT} = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

ϕ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

ϕ_r' = angolo di attrito residuo;

c_r' = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

σ_{vo}' = pressione verticale efficace geostatica;

σ_{vmax}' = pressione verticale efficace massima subita dal deposito;

c_u = resistenza al taglio non drenata riferita a tensioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a condizioni di carico tipo quelle delle prove triassiali di compressione e carico;

k_o = coefficiente di spinta del terreno a riposo;

k_v = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio;

G_o = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;

E' = modulo di Young "operativo"; * = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' (-) = coefficiente di Poisson

p_a = pressione atmosferica di riferimento, espressa in MPa

p'_0 = pressione efficace alla profondità z , espressa in MPa

La posizione della falda è individuata a -19 m da intradosso fondazione, pertanto nel proseguo della relazione si considererà assente la falda in quanto ininfluenza nei dimensionamenti.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Per un maggior dettaglio della caratterizzazione geotecnica dei suoli si rimanda alla relazione generale CG0800PRBDCSBC8G000000001B.

Per un maggior dettaglio della stratigrafia di profilo si rimanda agli elaborati:

Profilo geologico-geotecnico - Tav. 1/2 1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 01 B

Profilo geologico-geotecnico - Tav. 2/2 1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 25 A

Profilo idrogeologico stradale ramo A 1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 02 B

Nel seguito si porta un estratto di dettaglio per la zona in esame.

Descrizione delle litologie prevalenti

La litologia prevalente è costituita dalla formazione del Conglomerato di Pezzo.

Il Conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m.

Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato.

Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili.

Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. La prova sismica nel vicino sondaggio CS103 fornisce una Vs30 di cat. B.

Indagini previste

Si considerano i sondaggi e le prove localmente disponibili.

- prove di carico su piastra (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500)
- 3 prove sismiche (CS103,C423BIS,OTCCH1501)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (C403BIS, C404, C423, C423BIS,OTCSPT504)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici (CS103, FCBH1512, OTCLPT1505, FCCH2509, OTCSPT504, FCBH1501, OTCLPT2503)

Caratterizzazione geotecnica

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

Conglomerato di Pezzo

Per quanto riguarda gli spezzoni di roccia o di conglomerato prelevati nei sondaggi il peso di volume totale γ è risultato mediamente pari a 23 kN/m³ con i valori più bassi di 20 -21 kN/m³ rappresentativi degli spezzoni conglomeratici:

Per lo stato iniziale poiché la litologia in esame è quella, della successione sedimentaria, più vecchia, è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito che è stato caratterizzato da fenomeni di preconsolidazione e cementazione. La stima può in prima approssimazione essere effettuata: considerando un età di almeno 10 milioni di anni, che $K_{o_{nc}}=0.35\div 0.5$ ($\phi'=30^\circ\div 40^\circ$) e che $K_{o_{oc}}=0.5\div 0.6$, tenendo dell'erosione (si stima un fattore minimo pari a 1.4 corrispondente ad OCR=2) ed infine considerando gli effetti di "aging" con la correlazione di (Mesri (1989)), si ottiene un valore compreso approssimativamente fra 0.7 e 0.9.

Per i parametri di resistenza al taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ($z < 25\div 30$ m), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare ("Le basi del progetto – Geotecnica" – Elab. PP2RA24) (Vd.Elabor. CG0800PRBDCSBC8G00000001A).

In corrispondenza di un valore medio di $\phi'=40^\circ$ (ottenuto anche da prove pressiometriche) i valori di c' ottenuti variano linearmente, tra 0 e circa 25m di profondità, da 0 a 100 KPa circa.

La resistenza a compressione monoassiale ottenuta invece da prove di laboratorio LPT ha fornito valori molto variabili da qualche MPa ad un max di 30-40MPa.

Per i parametri di deformabilità nel contesto in esame le simiche di riferimento sono CS103, C423bis, OTCCH1501 che evidenziano una certa variabilità, si può porre: $G_0=400-800$ MPa e quindi $E_0=960-1920$ MPa.

Le pressiometriche nei fori C403bis (carico), C404 (carico e scarico-ricarico), C423 (carico e

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

scarico-ricarico), C423bis (carico), OTCSPT504 (scarico-ricarico) forniscono un range di valori variabilissimo fra 15m e 35m di profondità compreso fra 75 e 220 MPa, mediamente pari a 150 MPa.

Facendo riferimento all'esito delle prove sismiche ed al valore medio dei valori scaturiti dalle prove dilatometriche e pressiometriche si ritiene che il range $E'=150\div 300$ MPa, nei primi 20m di spessore del Conglomerato di Pezzo, possa considerarsi adeguato per la tratta in esame.

In particolare il valore minimo di $E'=150$ MPa si ritiene mediamente rappresentativo del contesto geotecnico in esame in cui sono previste opere che mobilitano medie e grandi deformazioni.

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA

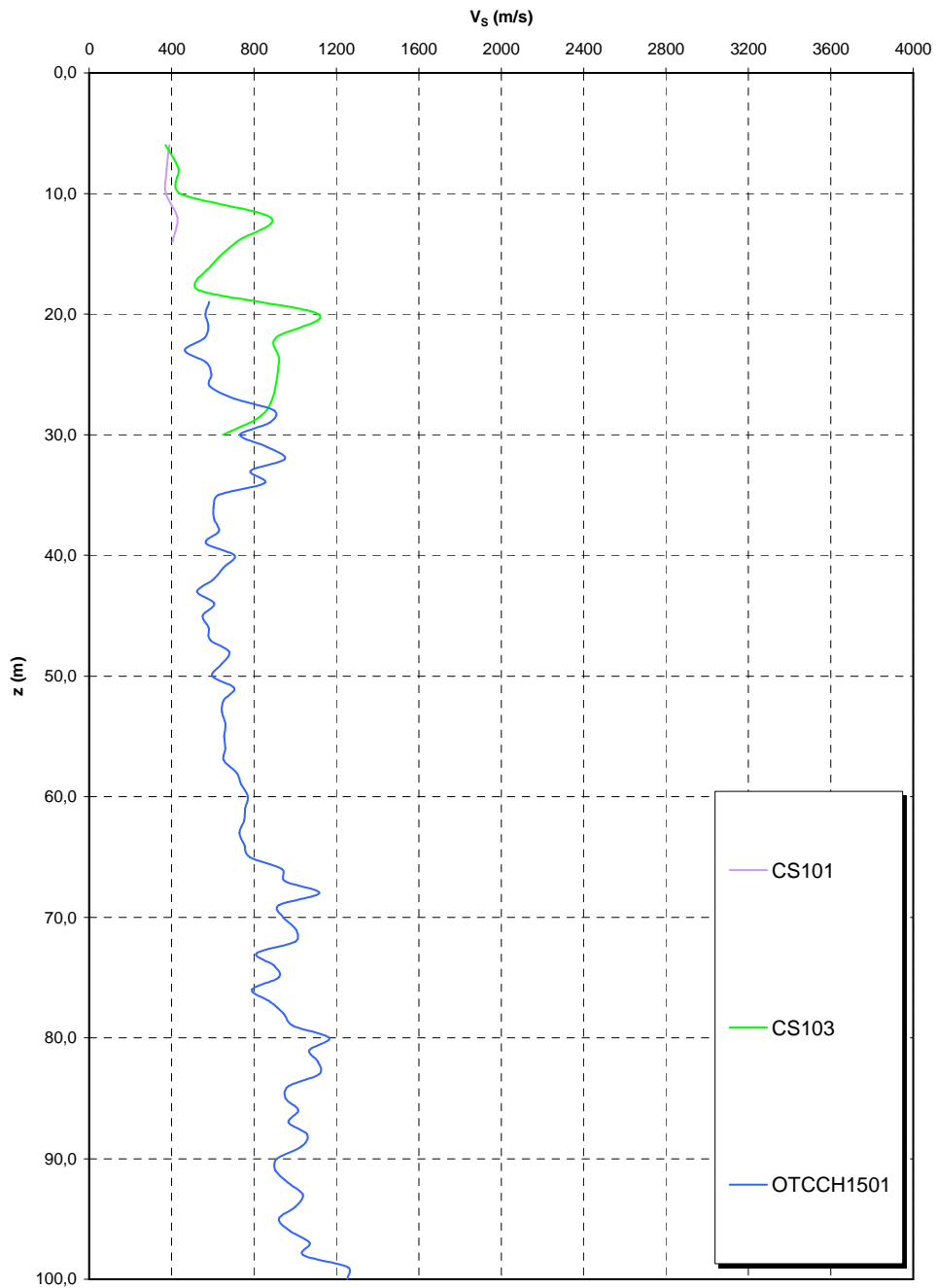
Codice documento
CS0289_F0

Rev
F0

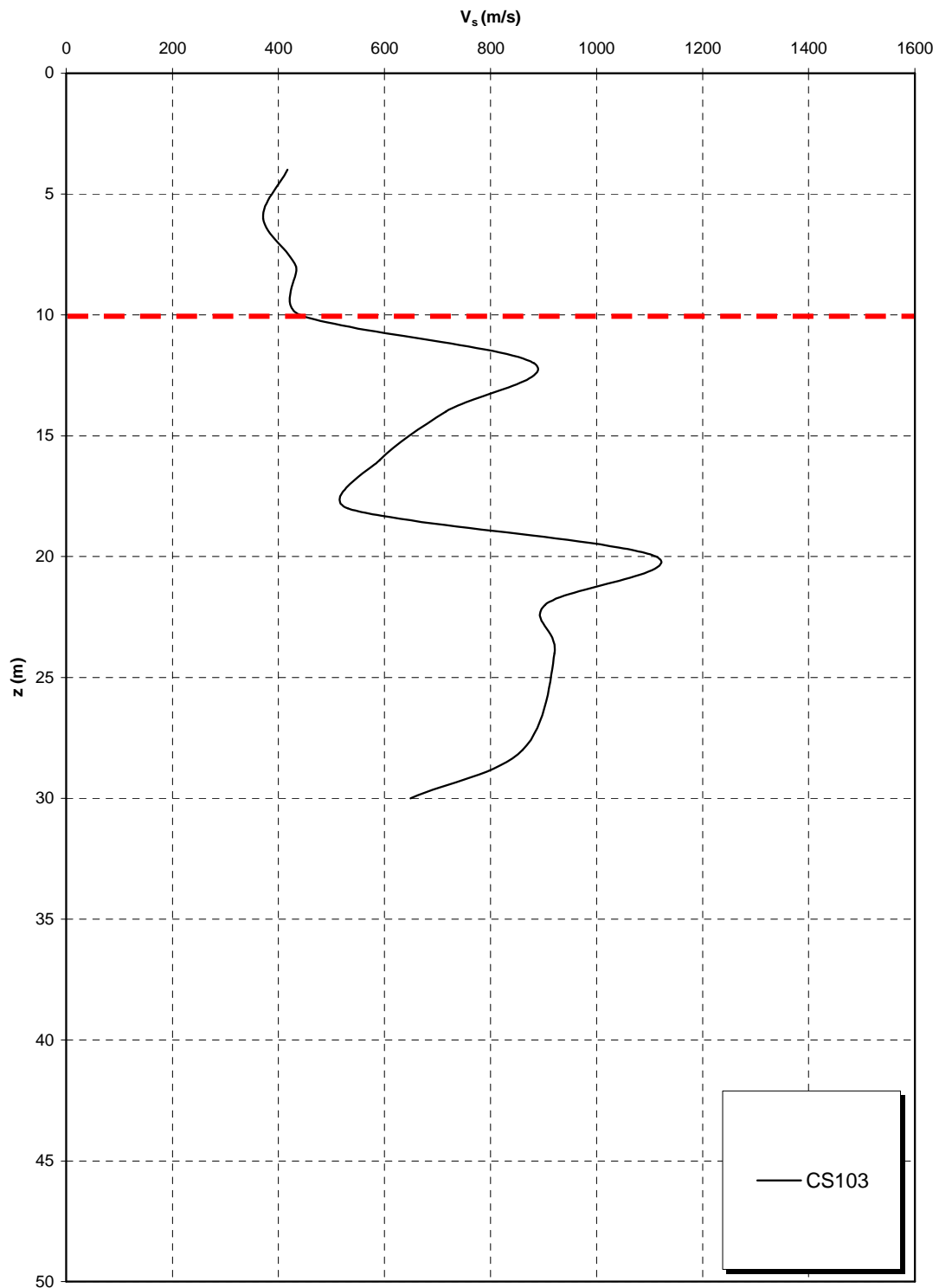
Data
20/06/2011

| SONDAGGIO | N° PROVINO | OPERA | z (m) | γ (kN/m ³) | γ_d (KN/m ³) |
|------------|------------|--|-------|-------------------------------|---------------------------------|
| FCBH6 | 4-1 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 50,65 | 26,60 | 26,60 |
| FCBH6 | 4-2 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 51,00 | 26,50 | 26,50 |
| FCBH6 | 5-1 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 56,00 | 23,40 | 23,20 |
| FCBH6 | 5-2 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 56,50 | 23,40 | 23,20 |
| CS103 | 4 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 14,20 | 26,00 | 25,90 |
| CS103 | 5 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 16,95 | 25,60 | 25,50 |
| CS103 | 6-1 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 19,55 | 26,50 | 26,40 |
| CS103 | 6-2 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 19,55 | 26,50 | 26,40 |
| CS102 | 1-1 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 15,85 | 26,6 | 26,5 |
| CS102 | 1-2 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 15,85 | 26,6 | 26,5 |
| CS102 | 2 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 17,75 | 26,3 | 26,2 |
| FCBH1512 | 10 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 35,3 | 26,5 | |
| FCBH1512 | 16 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 41 | 22,8 | |
| FCBH1512 | 4NK3 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 58,00 | 24,57 | |
| FCBH1512 | 28 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 56,00 | 25,93 | |
| FCBH1512 | 30 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 59,00 | 24,50 | |
| OTCLPT1505 | C4 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 40,50 | 24,40 | |
| FCCH2509 | C9 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 92,20 | 24,00 | |
| FCCH2509 | C11 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 51,50 | 23,65 | |
| OTCSPT504 | C16 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 29,80 | 23,20 | |
| OTCSPT504 | C17 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 37,60 | 26,70 | |
| OTCSPT504 | C18 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 35,60 | 20,70 | |
| OTCSPT504 | C24 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 52,80 | 21,87 | |
| FCBH1501 | 1 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 43,65 | 21,58 | |
| FCBH1501 | 2 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 45,60 | 21,63 | |
| FCBH1501 | 3 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 47,55 | 23,61 | |
| FCBH1501 | 7 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 52,80 | 20,71 | |
| FCBH1501 | 9 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 55,62 | 19,96 | |
| FCBH1501 | 11 | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 58,80 | 21,31 | |
| OTCLPT2503 | 1L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 7,67 | 20,9 | |
| OTCLPT2503 | 2L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 9,93 | 22,68 | |
| OTCLPT2503 | 4L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 13,70 | 21,2 | |
| OTCLPT2503 | 6L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 19,17 | 20,4 | |
| OTCLPT2503 | 8L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 25,80 | 21,82 | |
| OTCLPT2503 | 9L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 27,48 | 22,68 | |
| OTCLPT2503 | 12L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 36,20 | 19,51 | |
| OTCLPT2503 | 13L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 39,69 | 21,67 | |
| OTCLPT2503 | 15L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 45,72 | 23,05 | |
| OTCLPT2503 | 16L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 47,83 | 22,49 | |
| OTCLPT2503 | 17L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 51,10 | 21,76 | |
| OTCLPT2503 | 18L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 53,44 | 22,79 | |
| OTCLPT2503 | 19L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 55,53 | 20,7 | |
| OTCLPT2503 | 20L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 58,05 | 22,37 | |
| FCCH2509 | 5L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 34,40 | 21,80 | |
| FCCH2509 | 6L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 35,60 | 19,00 | |
| FCCH2509 | 8L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 40,50 | 20,90 | |
| FCCH2509 | 11L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 50,30 | 20,18 | |
| FCCH2509 | 13L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 58,00 | 21,24 | |
| FCCH2509 | 15L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 64,70 | 22,11 | |
| FCCH2509 | 16L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 71,10 | 20,53 | |
| FCCH2509 | 17L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 73,40 | 21,88 | |
| FCCH2509 | 18L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 74,50 | 20,83 | |
| FCCH2509 | 19L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 75,80 | 21,95 | |
| FCCH2509 | 21L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 84,00 | 21,18 | |
| FCCH2509 | 23L | Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia | 92,80 | 20,73 | |

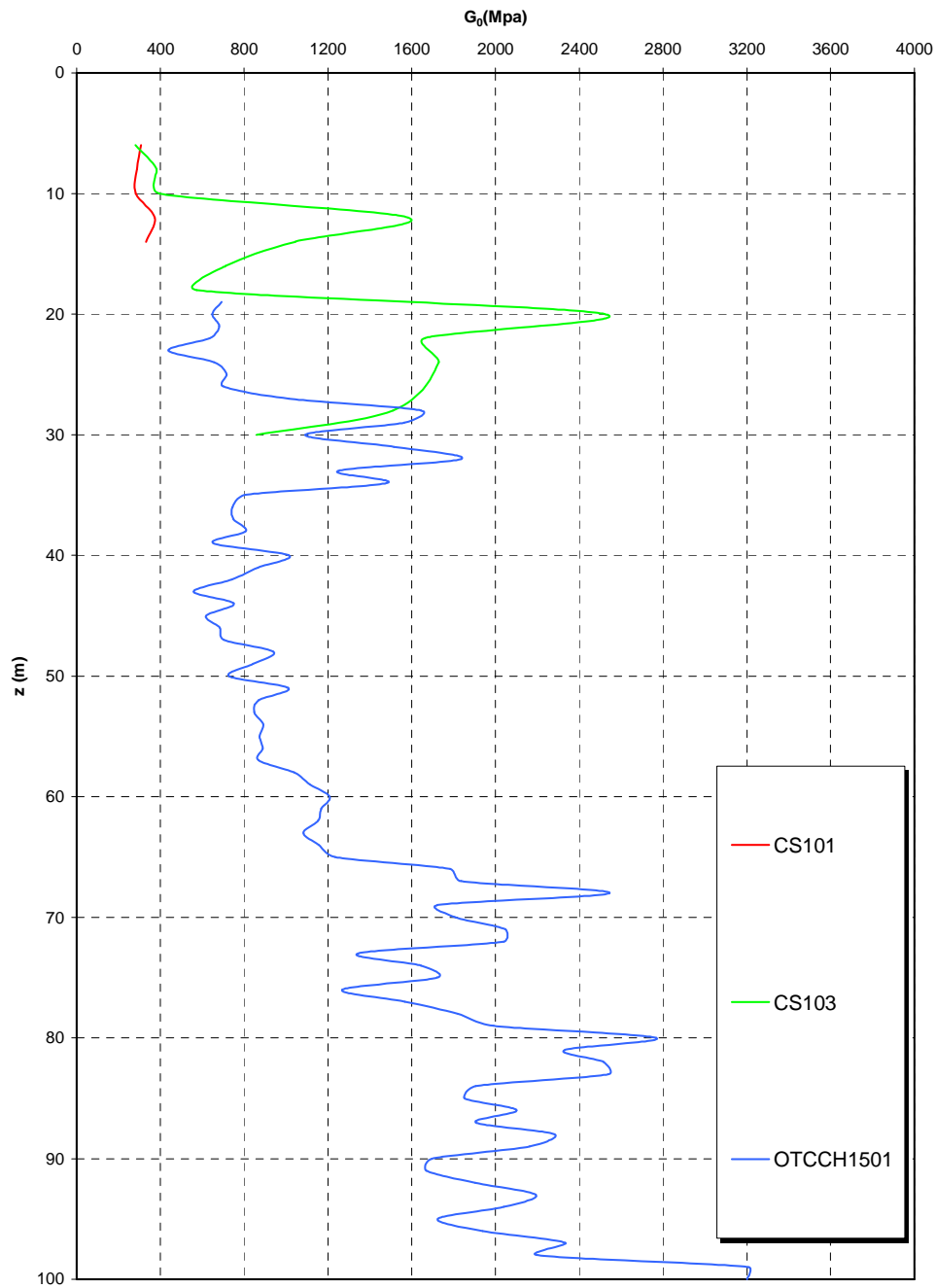
**Prove sismiche
CONGLOMERATO DI PEZZO**



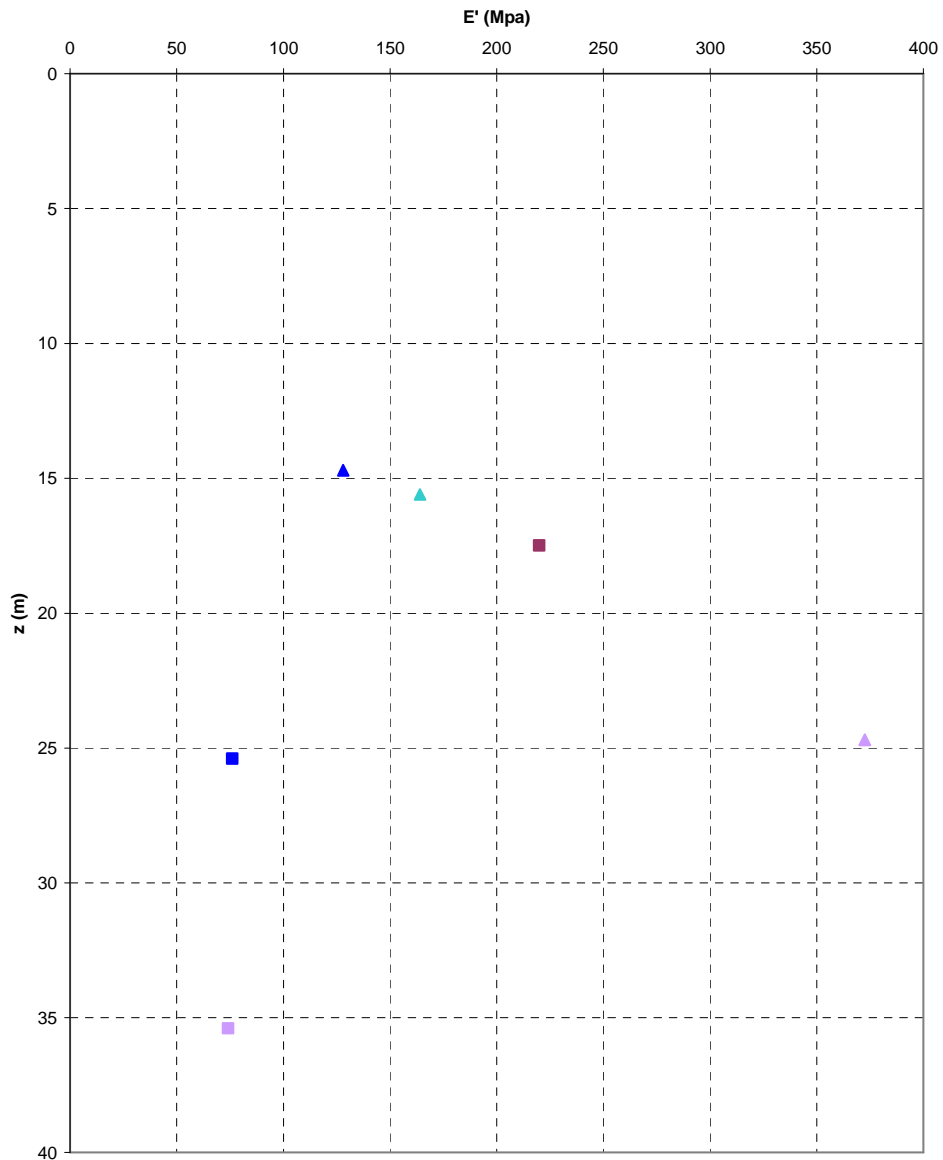
**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**



**Prove sismiche
CONGLOMERATO DI PEZZO**

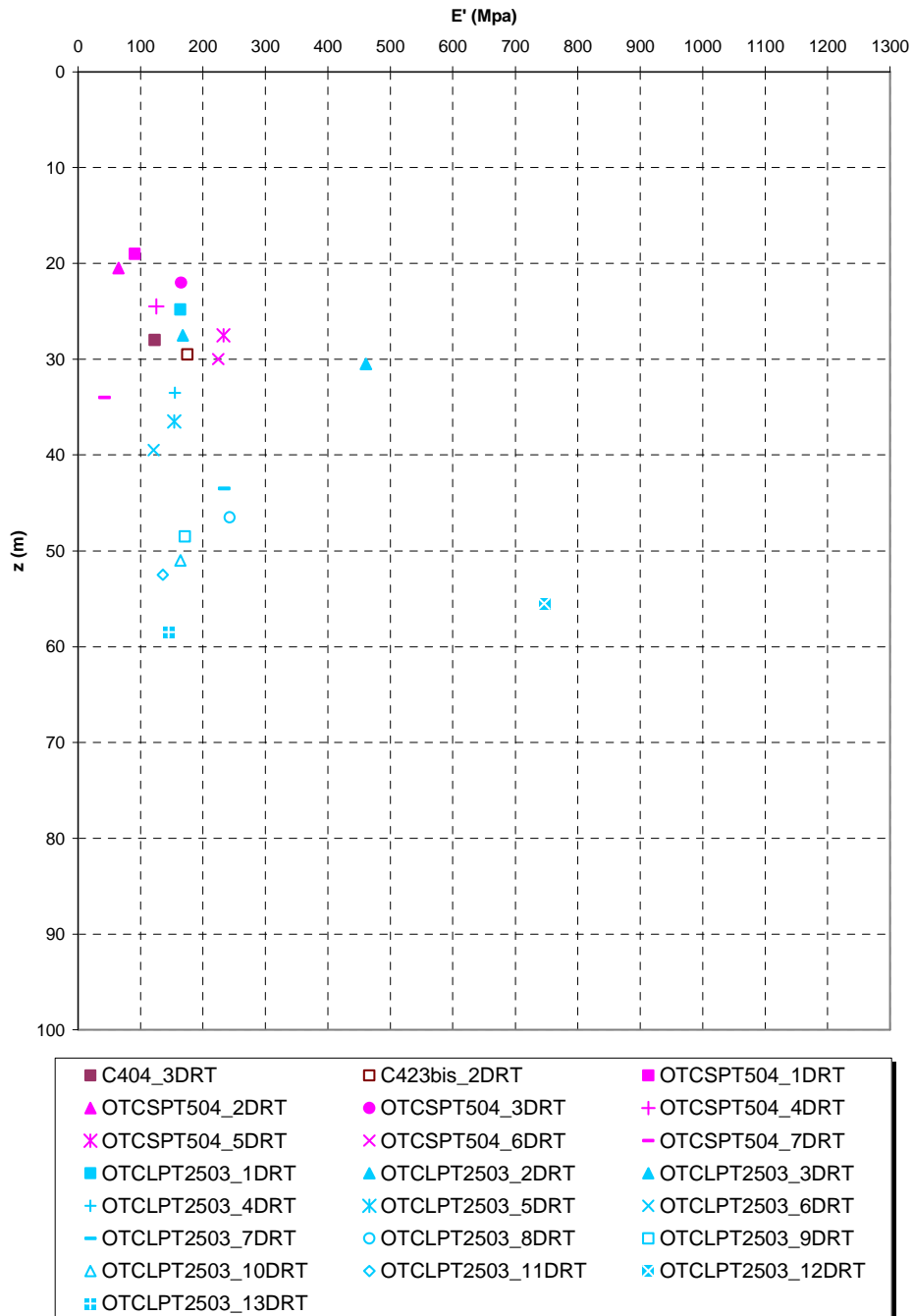


**Prove pressiometriche
CONGLOMERATO DI PEZZO**



▲ C403bis_1MPT ■ C403bis_2MPT ■ C404_2MPT ▲ C423_1MPT ▲ C423bis_1MPT ■ C423bis_2MPT

**Prove dilatometriche
CONGLOMERATO DI PEZZO**



| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 [NT_1].

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a $V_N = 100$ anni.

La classe d'uso assunta è la IV, da cui $C_u = 2$.

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(\text{SLD}) = 63\%$$

$$P_{VR}(\text{SLV}) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni, vale:

$$T_R(\text{SLD}) = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 201 \text{ anni}$$

$$T_R(\text{SLV}) = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

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;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t);

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T^*_c) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono:

Per SLD → ($a_g=0,168g$; $F_0=2,359$; $T^*_c=0,337s$)

Per SLV → ($a_g=0,433g$; $F_0=2,488$; $T^*_c=0,421s$)

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "B".

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$$S_s(\text{SLD}) = 1,4 - 0,4 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 1,241 \text{ essendo il valore } > 1,2 \text{ si assume } S_s(\text{SLD}) = 1,2$$

$$S_s(\text{SLV}) = 1,4 - 0,4 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 0,969 \text{ essendo il valore } < 1 \text{ si assume } S_s(\text{SLV}) = 1,0$$

L'opera è collocata in una zona che presenta un pendio con pendenza maggiore di 15° , e pertanto le caratteristiche della superficie topografica possono essere assunte come categoria T2 per la classificazione sismica; la sommità del pendio presenta una quota assoluta di circa 82 m s.l.m., mentre il piede è a una quota di circa 42 m s.l.m.

L'opera si colloca a un'altezza sul livello del mare di circa 62 m; il rapporto h/H tra la quota di progetto dell'opera e la sommità del pendio è quindi circa 0,5.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Il valore di amplificazione topografica risulta $S_T = 1,1$; in via cautelativa si adotta $S_T = 1,2$.

L'accelerazione massima è valutata con la relazione:

$$a_{\max}(\text{SLD}) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,168g = 0,242g$$

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,433g = 0,520g$$

Per completezza si riportano gli spettri elastici di progetto (in forma tabellare) sia per gli SLD sia per gli SLV in direzione orizzontale e verticale:

| | | | |
|---|---|---|---------------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | Codice documento CS0289_F0 | Rev Data F0 20/06/2011 |

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLD |
|--------------|---------|
| a_g | 0,168 g |
| F_0 | 2,359 |
| T_C | 0,337 s |
| S_S | 1,200 |
| C_C | 1,367 |
| S_T | 1,200 |
| q | 1,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,440 |
| η | 1,000 |
| T_B | 0,154 s |
| T_C | 0,461 s |
| T_D | 2,272 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,242 |
| $T_B \leftarrow$ | 0,154 | 0,571 |
| $T_C \leftarrow$ | 0,461 | 0,571 |
| | 0,547 | 0,481 |
| | 0,633 | 0,415 |
| | 0,719 | 0,365 |
| | 0,806 | 0,326 |
| | 0,892 | 0,295 |
| | 0,978 | 0,269 |
| | 1,064 | 0,247 |
| | 1,151 | 0,228 |
| | 1,237 | 0,213 |
| | 1,323 | 0,199 |
| | 1,409 | 0,187 |
| | 1,496 | 0,176 |
| | 1,582 | 0,166 |
| | 1,668 | 0,158 |
| | 1,754 | 0,150 |
| | 1,841 | 0,143 |
| | 1,927 | 0,136 |
| | 2,013 | 0,131 |
| | 2,099 | 0,125 |
| | 2,186 | 0,120 |
| $T_D \leftarrow$ | 2,272 | 0,116 |
| | 2,354 | 0,108 |
| | 2,436 | 0,101 |
| | 2,519 | 0,094 |
| | 2,601 | 0,088 |
| | 2,683 | 0,083 |
| | 2,766 | 0,078 |
| | 2,848 | 0,074 |
| | 2,930 | 0,070 |
| | 3,012 | 0,066 |
| | 3,095 | 0,062 |
| | 3,177 | 0,059 |
| | 3,259 | 0,056 |
| | 3,342 | 0,053 |
| | 3,424 | 0,051 |
| | 3,506 | 0,049 |
| | 3,589 | 0,046 |
| | 3,671 | 0,044 |
| | 3,753 | 0,042 |
| | 3,835 | 0,041 |
| | 3,918 | 0,039 |
| | 4,000 | 0,037 |

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLD |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0,093 g |
| S_S | 1,000 |
| S_T | 1,200 |
| q | 1,000 |
| T_B | 0,050 s |
| T_C | 0,150 s |
| T_D | 1,000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1,305 |
| S | 1,200 |
| η | 1,000 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,111 |
| T_B ← | 0,050 | 0,263 |
| T_C ← | 0,150 | 0,263 |
| | 0,235 | 0,168 |
| | 0,320 | 0,123 |
| | 0,405 | 0,097 |
| | 0,490 | 0,081 |
| | 0,575 | 0,069 |
| | 0,660 | 0,060 |
| | 0,745 | 0,053 |
| | 0,830 | 0,048 |
| | 0,915 | 0,043 |
| T_D ← | 1,000 | 0,039 |
| | 1,094 | 0,033 |
| | 1,188 | 0,028 |
| | 1,281 | 0,024 |
| | 1,375 | 0,021 |
| | 1,469 | 0,018 |
| | 1,563 | 0,016 |
| | 1,656 | 0,014 |
| | 1,750 | 0,013 |
| | 1,844 | 0,012 |
| | 1,938 | 0,011 |
| | 2,031 | 0,010 |
| | 2,125 | 0,009 |
| | 2,219 | 0,008 |
| | 2,313 | 0,007 |
| | 2,406 | 0,007 |
| | 2,500 | 0,006 |
| | 2,594 | 0,006 |
| | 2,688 | 0,005 |
| | 2,781 | 0,005 |
| | 2,875 | 0,005 |
| | 2,969 | 0,004 |
| | 3,063 | 0,004 |
| | 3,156 | 0,004 |
| | 3,250 | 0,004 |
| | 3,344 | 0,004 |
| | 3,438 | 0,003 |
| | 3,531 | 0,003 |
| | 3,625 | 0,003 |
| | 3,719 | 0,003 |
| | 3,813 | 0,003 |
| | 3,906 | 0,003 |
| | 4,000 | 0,002 |

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0,433 g |
| F_0 | 2,488 |
| T_C | 0,421 s |
| S_S | 1,000 |
| C_C | 1,308 |
| S_T | 1,200 |
| q | 1,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,200 |
| η | 1,000 |
| T_B | 0,184 s |
| T_C | 0,551 s |
| T_D | 3,332 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,520 |
| $T_B \leftarrow$ | 0,184 | 1,293 |
| $T_C \leftarrow$ | 0,551 | 1,293 |
| | 0,683 | 1,042 |
| | 0,816 | 0,873 |
| | 0,948 | 0,751 |
| | 1,081 | 0,659 |
| | 1,213 | 0,587 |
| | 1,345 | 0,529 |
| | 1,478 | 0,482 |
| | 1,610 | 0,442 |
| | 1,743 | 0,409 |
| | 1,875 | 0,380 |
| | 2,008 | 0,355 |
| | 2,140 | 0,333 |
| | 2,273 | 0,313 |
| | 2,405 | 0,296 |
| | 2,537 | 0,281 |
| | 2,670 | 0,267 |
| | 2,802 | 0,254 |
| | 2,935 | 0,243 |
| | 3,067 | 0,232 |
| | 3,200 | 0,223 |
| $T_D \leftarrow$ | 3,332 | 0,214 |
| | 3,364 | 0,210 |
| | 3,396 | 0,206 |
| | 3,427 | 0,202 |
| | 3,459 | 0,198 |
| | 3,491 | 0,195 |
| | 3,523 | 0,191 |
| | 3,555 | 0,188 |
| | 3,587 | 0,184 |
| | 3,618 | 0,181 |
| | 3,650 | 0,178 |
| | 3,682 | 0,175 |
| | 3,714 | 0,172 |
| | 3,746 | 0,169 |
| | 3,777 | 0,166 |
| | 3,809 | 0,164 |
| | 3,841 | 0,161 |
| | 3,873 | 0,158 |
| | 3,905 | 0,156 |
| | 3,936 | 0,153 |
| | 3,968 | 0,151 |
| | 4,000 | 0,148 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | Codice documento CS0289_F0 | Rev Data F0 20/06/2011 |

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: **SLV**

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0,385 g |
| S_S | 1,000 |
| S_T | 1,200 |
| q | 1,000 |
| T_B | 0,050 s |
| T_C | 0,150 s |
| T_D | 1,000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 2,210 |
| S | 1,200 |
| η | 1,000 |

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,462 |
| T_B ← | 0,050 | 1,148 |
| T_C ← | 0,150 | 1,148 |
| | 0,235 | 0,733 |
| | 0,320 | 0,538 |
| | 0,405 | 0,425 |
| | 0,490 | 0,352 |
| | 0,575 | 0,300 |
| | 0,660 | 0,261 |
| | 0,745 | 0,231 |
| | 0,830 | 0,208 |
| | 0,915 | 0,188 |
| T_D ← | 1,000 | 0,172 |
| | 1,094 | 0,144 |
| | 1,188 | 0,122 |
| | 1,281 | 0,105 |
| | 1,375 | 0,091 |
| | 1,469 | 0,080 |
| | 1,563 | 0,071 |
| | 1,656 | 0,063 |
| | 1,750 | 0,056 |
| | 1,844 | 0,051 |
| | 1,938 | 0,046 |
| | 2,031 | 0,042 |
| | 2,125 | 0,038 |
| | 2,219 | 0,035 |
| | 2,313 | 0,032 |
| | 2,406 | 0,030 |
| | 2,500 | 0,028 |
| | 2,594 | 0,026 |
| | 2,688 | 0,024 |
| | 2,781 | 0,022 |
| | 2,875 | 0,021 |
| | 2,969 | 0,020 |
| | 3,063 | 0,018 |
| | 3,156 | 0,017 |
| | 3,250 | 0,016 |
| | 3,344 | 0,015 |
| | 3,438 | 0,015 |
| | 3,531 | 0,014 |
| | 3,625 | 0,013 |
| | 3,719 | 0,012 |
| | 3,813 | 0,012 |
| | 3,906 | 0,011 |
| | 4,000 | 0,011 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

L'applicazione delle azioni sismiche alle sottostrutture, in particolar modo alle Spalla, viene affrontato mediante il metodo pseudostatico ([NT_1] § 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

L'analisi sismica è stata fatta considerando il valore di ancoraggio dello spettro.

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti.

Essendo le spalle opere a comportamento deformabile (potendo permettere movimenti relativi di roto-traslazione fra struttura e terreno), l'azione sismica viene valutata in accordo con UNI EN 1998-5:2005 secondo la relazione di Mononobe-Okabe:

$$\beta \leq \phi - \theta: \quad K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta: \quad K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

In cui:

- ϕ'_d è il valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno, cioè: $\phi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \phi'}{\gamma_{\phi'}}\right)$;
- ψ e β sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale, rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno, come mostrato in figura E.1;
- δ_d è il valore di progetto dell'angolo di attrito tra terreno e muro, cioè: $\delta_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \delta}{\gamma_{\phi'}}\right)$;
- θ è l'angolo definito sotto nei punti da **E.5** a **E.7**.

Il punto di applicazione della spinta è posto $h_{tot}/2$, con "h_{tot}" altezza del muro di sostegno.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

β = parametro riduttivo dell'azione sismica in accordo con il §7.11.6.2.1 di [NT_1] (cautelativamente si assumerà $\beta = 0,35$).

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

4.4.1 Durabilità delle opere

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adottano le classi di esposizione indicate al §3.1 ricordando che per ciascuna classe di esposizione le condizioni ambientali da considerare sono le seguenti (in accordo con [NT_1]):

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione |
|-------------------------|-----------------------------------|
| <i>Ordinarie</i> | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| <i>Aggressive</i> | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| <i>Molto aggressive</i> | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

Nella tabella seguente si riportano per completezza anche i limiti di apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature secondo [NT_1]:

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

Per tutte le parti strutturali componenti l'opera in progetto si utilizzano armature **poco sensibili**.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.4.2 Definizione della larghezza collaborante

La valutazione della larghezza collaborante della soletta sia in fase di modellazione sia in fase di verifica della resistenza è riferita alle indicazioni del § 4.3.2.3 del D.M. 14-01-2008 e § 5.4.1.2 di UNI EN 1994-2:2006.

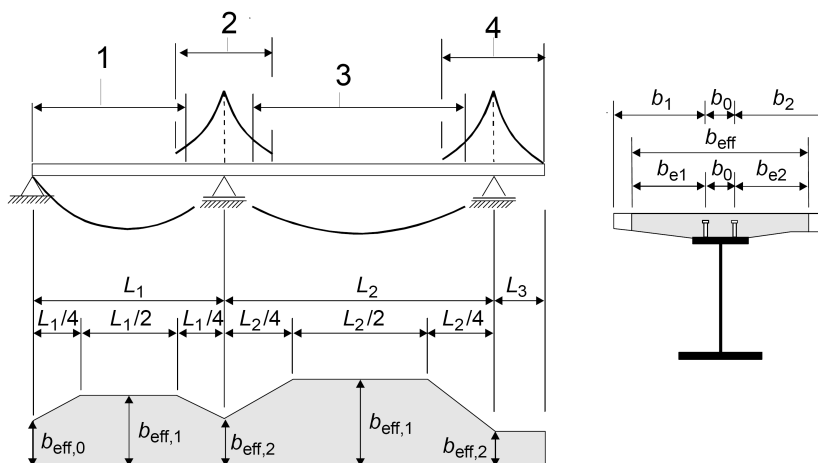
La larghezza collaborante b_{eff} si ottiene come somma delle due aliquote b_{e1} e b_{e2} ai due lati dell'asse della trave e della larghezza b_0 impegnata direttamente dai connettori:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} + b_0$$

dove b_0 è la distanza tra gli assi dei connettori e le aliquote b_{e1} e b_{e2} (b_{ei} ; $i=1,2$), che costituiscono il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta, si assumono pari a:

$$b_{ei} = \min \left[\frac{L_e}{8}; b_i - \frac{b_0}{2} \right]$$

Il valore di L_e nelle travi semplicemente appoggiate coincide con la luce della trave; nelle travi continue L_e è la distanza indicata nella figura sottostante:



Legenda:

- 1 $L_e = 0,85 L_1$ for $b_{eff,1}$
- 2 $L_e = 0,25(L_1 + L_2)$ for $b_{eff,2}$
- 3 $L_e = 0,70 L_2$ for $b_{eff,1}$
- 4 $L_e = 2 L_3$ for $b_{eff,2}$

Negli appoggi di estremità la determinazione della larghezza collaborante b_{eff} si ottiene con la formula:

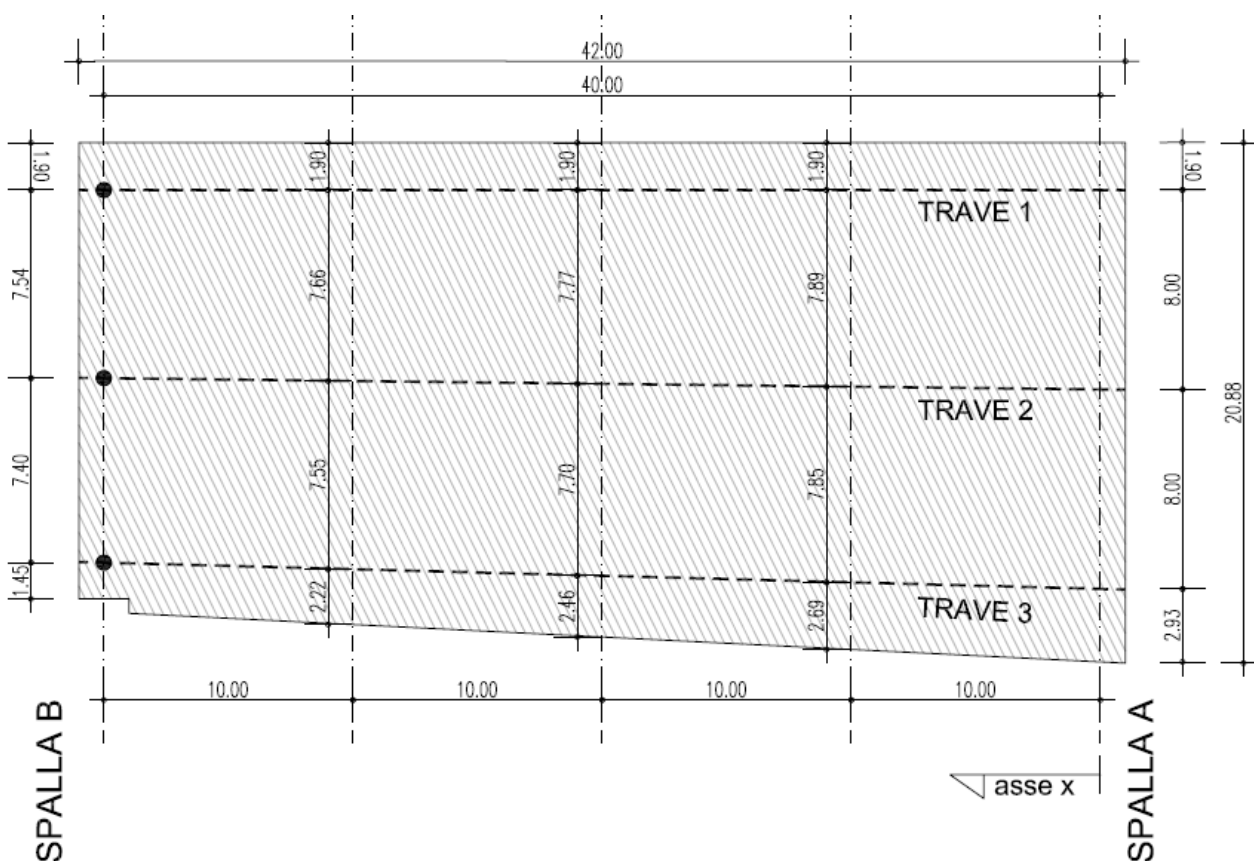
$$b_{eff} = \beta_1 b_{e1} + \beta_2 b_{e2} + b_0$$

dove $\beta_i = \left(0,55 + 0,025 \frac{L_e}{b_{ei}} \right)$.

I valori numerici della larghezza collaborante, determinati in base ai criteri di cui sopra ed in corrispondenza delle varie ascisse, sono riportate di seguito, per ciascuna trave:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

| LARGHEZZA COLLABORANTE SECONDO UNI EN 1994-2 [DIMENSIONE IN m] | | | |
|--|---------|---------|---------|
| N° TRAVE | TRAVE 1 | TRAVE 2 | TRAVE 3 |
| ASCISSA | | | |
| x = 0 m | 5,28 m | 6,76 m | 6,17 m |
| x = 10 m | 5,85 m | 7,87 m | 6,62 m |
| x = 20 m | 5,79 m | 7,74 m | 6,31 m |
| x = 30 m | 5,73 m | 7,61 m | 6,00 m |
| x = 40 m | 5,15 m | 6,47 m | 5,2 m |



F2. Schematico disposizione travi longitudinali e loro interasse

A favore di sicurezza si adotterà nella modellazione e nell'analisi un larghezza collaborante per ciascuna trave pari a **5,15 m** per le sezioni di estremità e **5,70 m** per le sezioni comprese tra 10 m $\leq x \leq 30$ m. Nelle zone terminali di lunghezza 10 m, la larghezza collaborante aumenta linearmente dal valore 5,15 m al valore 5,70 m.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc

Per tenere conto delle effettive caratteristiche geometrico-inerziali dell'impalcato, si considera un coefficiente di omogeneizzazione tra le strutture metalliche resistenti (travi longitudinali) e la soletta in calcestruzzo armato, modellando il comportamento del calcestruzzo per azioni di breve e lunga durata.

Nell'analisi strutturale si tiene quindi conto delle fasi transitorie e di esercizio e si opera considerando 3 modelli di calcolo:

- *Modello 1*: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dal peso proprio dell'acciaio e della soletta.
- *Modello 2*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente $n = 6,30$. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata.
- *Modello 3*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente $n = 17,58$. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata.

I coefficienti di omogeneizzazioni sono stati determinati in accordo con § 5.4.2.2 UNI EN 1994-2:2006, come evidenziato nel seguito.

- Per azioni di breve durata, la soletta, realizzata in conglomerato cementizio di resistenza caratteristica $f_{cm}=40 \text{ N/mm}^2$, ha modulo elastico istantaneo pari a:

$$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 33346 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione risulta pertanto:

$$n_0 = E_s / E_{cm} = 210000 / 33346 = 6,30$$

- Per azioni di lunga durata, adottando un coefficiente di viscosità per il conglomerato della soletta (vedi § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) pari a $\varphi(t_\infty, t_0) = 2,239$

da cui:

$$E_{cls, \infty} = 10296 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione a tempo infinito risulta:

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \psi_L \cdot \varphi) = 17,58 \quad \text{con} \quad \psi_L = 0,8$$

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.4.4 Classificazione delle sezioni in acciaio

Con riferimento alle norme vigenti (vedi § 4.2.3.1 del D.M. 14-01-2008 e § 5.5 di EN 1993-1-1:2005) la sezione delle travi d'impalcato viene classificata come di **classe 3**:

$$\frac{c}{t} = \frac{2615}{28} = 93,39 \leq 124 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 100$$

Si riporta nel seguito le caratteristiche geometrico inerziali della sezione:

| | | | | | | | |
|----------------|-------|------------------------------|------------|--------------------------------|---------|---------------------------|--------------|
| H2700 | | $N_{by,Rd}$ [kN] | 36.959 | $M_{cy,Rd}$ [kNm] | 40.605 | ? | |
| g (Kg/m): | 1.179 | $N_{bz,Rd}$ [kN] | 36.959 | $M_{cz,Rd}$ [kNm] | 3.693 | ? | |
| h (mm): | 2.700 | $V_{ply,Rd}$ [kN] | 14.320 | $V_{plz,Rd}$ [kN] | 12.493 | | |
| b_1 (mm): | 800 | r (mm): | 0 | $W_{pl,y}$ (cm ³): | 148.689 | | |
| b_2 (mm): | 1.000 | A (cm ²): | 1.502 | i_y (cm): | 108,2 | | |
| t_w (mm): | 28 | I_y (cm ⁴): | 17.572.062 | I_z (cm ⁴): | 546.145 | i_z (cm): | 19,07 |
| t_{f1} (mm): | 40 | W_{y1} (cm ³): | 120.099 | W_z (cm ³): | 10.923 | IT (cm ⁴): | 6.658 |
| t_{f2} (mm): | 45 | W_{y2} (cm ³): | 142.069 | $W_{pl,z}$ (cm ³): | 18.163 | I_w (cm ⁶): | 8.027.429.16 |

Classe Sezione

Compressione

Flessione My

Flessione Mz ?

Presso-Flessione

Verifiche

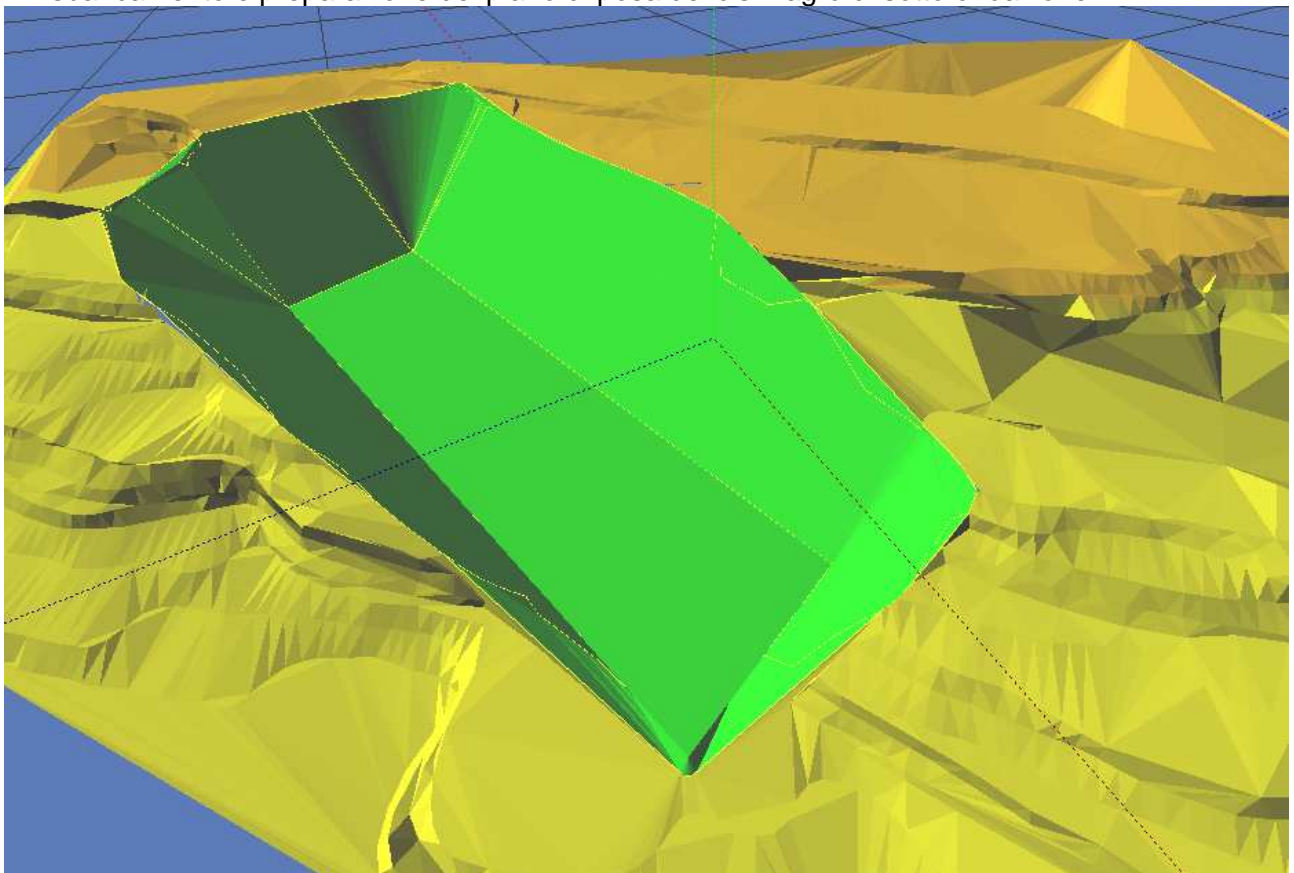
| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5 FASI COSTRUTTIVE

La realizzazione dell'opera prevede le seguenti fasi principali di costruzione:

ESECUZIONI DI PRIMA FASE:

- sbancamento e preparazione del piano di posa del cls magro di sottofondazione



- getto del cls magro e realizzazione della soletta di fondazione successivamente al disarmo dei casseri;
- eseguire il riempimento dello scavo fino alla quota di estradosso della fondazione in c.a.

ESECUZIONI DI SECONDA FASE

- cassetatura delle elevazioni e getto delle parti in c.a. della spalla successivamente al disarmo dei casseri;
- eseguire il riempimento dello scavo fino alla quota di +50cm dall'estradosso della fondazione in c.a.;

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> CS0289_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

- installazione degli apparecchi di appoggio;
- rimodellazione del terreno antistante la spalla allo scopo di ottenere un piano di lavoro a quota costante per lo stoccaggio delle travi

ESECUZIONI DI TERZA FASE

- assemblaggio degli elementi metallici costituenti l'impalcato;
- posizionamento della gru
- varo dell'impalcato
- sistemazione dei rilevati come da elaborato CG0700PPZDCSC00VIA1000001F0

6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento per l'opera in esame sono i seguenti:

| | |
|--|---|
| Relazione tecnico descrittiva dell'opera | CG0700 P RG D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera | CG0700 P SH D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Relazione di calcolo | CG0700 P CL D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| relazione geotecnica | CG0700 P RB D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Planimetria di progetto | CG0700 P P8 D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Profilo longitudinale di progetto | CG0700 P FZ D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Planimetria di tracciamento | CG0700 P P8 D C SC 00 VI A1 00 00 02 F0 |
| Sezione longitudinale e pianta fondazioni | CG0700 P Z9 D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Pianta dell'opera, prospetti e sezioni trasversali | CG0700 P PZ D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Carpenteria spalla A | CG0700 P BA D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Carpenteria impalcati | CG0700 P BA D C SC 00 VI A1 00 00 03 F0 |
| Particolari costruttivi impalcati | CG0700 P SZ D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |
| Fasi costruttive dell'opera d'arte | CG0700 P SA D C SC 00 VI A1 00 00 01 F0 |