

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. I. Barilli Ordine Ingegneri V.C.O. n° 122 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	CS0875_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI - IMPIANTI TECNOLOGICI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE	

CODICE	C G 0 7 0 0	P	3 R	D C	S I	0 0	G 0	0 0	0 0	0 0	0 1	F 0
--------	-------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	G. LUPI	I. BARILLI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 Introduzione	9
2 Calcoli delle strutture metalliche di sostegno.....	9
2.1 Normativa di riferimento	9
2.2 Portale a bandiera di tipo A	11
2.2.1 Descrizione del portale	11
2.2.1.1 Zona di installazione.....	13
2.2.1.2 Metodo di verifica	13
2.2.1.3 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	13
2.2.1.4 Carichi.....	14
2.2.2 Combinazioni.....	25
2.2.2.1 Condizioni	25
2.2.2.2 Combinazioni SLU/EQU/SLE/SISMICHE	26
2.2.3 Modello ad elementi finiti	26
2.2.3.1 Dati - Nodi	27
2.2.3.2 Dati - Barre.....	28
2.2.3.3 Dati - Proprietà delle sezioni.....	29
2.2.3.4 Dati – Materiali	29
2.2.3.5 Condizioni e combinazioni di carico del modello.....	29
2.2.3.6 Carichi del modello.....	31
2.2.4 Calcolo e verifiche	31
2.2.4.1 Tipo di analisi	31
2.2.4.2 Software utilizzati	32
2.2.5 Analisi.....	32
2.2.5.1 Risultati della dinamica – Autovalori	32
2.2.5.2 Reazioni vincolari nodo di base	32
2.2.5.3 Validazione del Modello	34
2.2.5.4 Deformazioni.....	34
2.2.6 Verifica deformazioni portale	35
2.2.7 Verifiche	35

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.7.1	Materiali impiegati	35
2.2.7.2	Verifica ritto	36
2.2.7.3	Verifica trave	38
2.2.7.4	Collegamento di Base C1	46
2.2.7.5	Verifica schiacciamento trave sul nodo C2 per effetto del momento al Peso	54
2.2.7.6	Collegamento Trave - Trave C3	55
2.2.7.7	Collegamento Trave – UPN200.....	59
2.2.7.8	Collegamento Trave – Tubolare 150x150x10mm EN 10219	61
2.3	Torre per sostegno delle antenne radio.....	63
2.3.1	Tipologia torre.....	63
2.3.2	Geometria della struttura	63
2.3.3	Qualità dei materiali adottati	64
2.3.4	Pressopiegatura	64
2.3.5	Metodo di calcolo.....	64
2.3.6	Tensioni.....	65
2.3.7	Combinazione di carico n°1	65
2.3.7.1	Zona di vento e relativi carichi	65
2.3.7.2	Calcolo del coefficiente dinamico -cd-	66
2.3.7.3	Carichi concentrati.....	66
2.3.7.4	Carichi verticali distribuiti	66
2.3.7.5	Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto	66
2.3.7.6	Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:.....	67
2.3.7.7	Tabella delle azioni interne.....	68
2.3.7.8	Tabella descrittiva delle tensioni.....	69
2.3.7.9	Frecce e rotazioni massime.....	70
2.3.8	Combinazione di carico n°2	71
2.3.8.1	Zona di vento e relativi carichi	71
2.3.8.2	Carichi concentrati.....	71
2.3.8.3	Carichi verticali distribuiti	71
2.3.8.4	Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto	71
2.3.8.5	Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:.....	72
2.3.8.6	Tabella delle azioni interne.....	73

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.8.7	Tabella descrittiva delle tensioni.....	74
2.3.8.8	Frecce e rotazioni massime.....	75
2.3.9	Combinazione di carico n°3	76
2.3.9.1	Verifica sismica - analisi statica	76
2.3.9.2	Carichi concentrati.....	76
2.3.9.3	Carichi verticali distribuiti	77
2.3.9.4	Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto	77
2.3.9.5	Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:.....	78
2.3.9.6	Tabella delle azioni interne.....	79
2.3.9.7	Tabella descrittiva delle tensioni.....	80
2.3.9.8	Frecce e rotazioni massime.....	81
2.3.10	Analisi sul fenomeno del distacco dei vortici	81
2.3.11	Forze agenti alla base della torre inclusi i coefficienti parziali di sicurezza.....	83
2.3.12	Forze agenti sulla fondazione senza coefficienti parziali di sicurezza	83
2.3.13	Verifica dei tirafondi: tronco n°2	84
2.3.14	Verifica dell'ancoraggio dei tirafondi	84
2.3.15	Verifica della flangia di base: condizione peggiorativa	85
2.4	Palo per il sostegno delle telecamere.....	86
2.4.1	Tipologia Palo.....	86
2.4.2	Geometria della struttura	86
2.4.3	Qualità dei materiali adottati	87
2.4.4	Pressopiegatura	87
2.4.5	Metodo di calcolo.....	87
2.4.6	Tensioni.....	87
2.4.7	Combinazione di carico n°1	88
2.4.7.1	Zona di vento e relativi carichi	88
2.4.7.2	Calcolo del coefficiente dinamico -cd-	88
2.4.7.3	Carichi concentrati.....	89
2.4.7.4	Carichi verticali distribuiti	89
2.4.7.5	Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto	89
2.4.7.6	Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:.....	90
2.4.7.7	Tabella delle azioni interne.....	91

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.7.8	Tabella descrittiva delle tensioni.....	92
2.4.7.9	Frecce e rotazioni massime.....	93
2.4.8	Combinazione di carico n°2	94
2.4.8.1	Zona di vento e relativi carichi	94
2.4.8.2	Carichi concentrati.....	94
2.4.8.3	Carichi verticali distribuiti	94
2.4.8.4	Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto	94
2.4.8.5	Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:.....	96
2.4.8.6	Tabella delle azioni interne.....	97
2.4.8.7	Tabella descrittiva delle tensioni.....	98
2.4.8.8	Frecce e rotazioni massime.....	99
2.4.9	Combinazione di carico n°3	100
2.4.9.1	Verifica sismica - Analisi statica.....	100
2.4.9.2	Carichi concentrati.....	100
2.4.9.3	Carichi verticali distribuiti	101
2.4.9.4	Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto	101
2.4.9.5	Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:.....	102
2.4.9.6	Tabella delle azioni interne.....	103
2.4.9.7	Tabella descrittiva delle tensioni.....	104
2.4.9.8	Frecce e rotazioni massime.....	105
2.4.10	Analisi sul fenomeno del distacco dei vortici	106
2.4.11	Forze agenti alla base della torre inclusi i coefficienti parziali di sicurezza.....	107
2.4.12	Forze agenti sulla fondazione senza coefficienti parziali di sicurezza	107
2.4.13	Verifica dei tirafondi: tronco n°1	108
2.4.14	Verifica dell'ancoraggio dei tirafondi	109
2.4.15	Verifica della flangia di base: condizione peggiorativa	110
2.5	Palo per illuminazione stradale.....	111
2.5.1	Descrizione dell'opera	111
2.5.2	Codice di calcolo impiegato	111
2.5.3	Analisi dei carichi e combinazioni di carico	112
2.5.3.1	Peso proprio + Permanente.....	112
2.5.3.2	Azioni da neve.....	112

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE	<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2.5.3.3	Azioni da vento.....	112
2.5.3.4	Combinazione di carico statica (SLU).....	115
2.5.4	Verifica del palo nei confronti dell'azione del vento.....	116
2.5.5	Azione sismica.....	117
2.5.6	Verifica del palo nei confronti dell'azione sismica	120
2.6	Staffe e mensole metalliche di sostegno per pali di illuminazione su viadotto.....	121
2.6.1	Descrizione dell'opera	121
2.6.2	Codice di calcolo impiegato	121
2.6.3	Caratteristiche dei materiali	122
2.6.3.1	Acciaio per carpenteria metallica.....	122
2.6.3.2	Bulloneria	122
2.6.3.3	Saldature.....	123
2.6.4	Analisi dei carichi e combinazioni di carico	123
2.6.4.1	Peso proprio + Permanente.....	123
2.6.4.2	Azioni da neve.....	123
2.6.4.3	Azioni da vento.....	123
2.6.5	Azione sismica.....	125
2.6.6	Palo su mensola	126
2.6.6.1	Materiali	126
2.6.6.2	Sezioni	126
2.6.6.3	Elementi strutturali.....	127
2.6.6.4	Vincoli	127
2.6.6.5	Carichi.....	127
2.6.6.6	Schema geometrico	130
2.6.6.7	Combinazioni di carico	130
2.6.6.8	Analisi dei risultati	131
2.6.6.9	Verifica nodi	137
2.6.7	Palo su supporto ancorato alla soletta in c.a.....	140
2.6.7.1	Materiali	141
2.6.7.2	Sezioni	141
2.6.7.3	Elementi strutturali.....	141
2.6.7.4	Vincoli	141

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE	<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2.6.7.5	Carichi	141
2.6.7.6	Schema geometrico	144
2.6.7.7	Combinazioni di carico	144
2.6.7.8	Analisi dei risultati	145
2.6.7.9	Verifica nodi	146
3	Calcoli dei plinti di fondazione	150
3.1	Normativa di riferimento	151
3.2	Caratteristiche del terreno di fondazione	151
3.3	Caratteristiche dei materiali	153
3.3.1	Calcestruzzo	153
3.3.2	Acciaio per c.a.	154
3.4	Analisi dei carichi – Combinazioni di carico	154
3.4.1	Carichi sui portali a bandiera dei PMV	154
3.4.2	Carichi su torre faro per proiettori	154
3.4.3	Carichi sui pali di illuminazione	158
3.4.4	Carichi sulla torre per antenne radio	162
3.4.5	Carichi sul palo per telecamere.....	162
3.5	Codice di calcolo impiegato.....	163
3.5.1	Sintesi delle funzionalità generali del programma di calcolo	163
3.5.2	Progetto e verifica degli elementi strutturali.....	164
3.6	Tabulati di calcolo	166
3.6.1	Plinto su pali per portale PMV di tipo A	168
3.6.2	Plinto superficiale per portale PMV di tipo A	173
3.6.3	Plinto superficiale per Torre Faro.....	177
3.6.4	Plinto superficiale per palo di illuminazione stradale su rilevato	180
3.6.5	Plinto superficiale per palo di illuminazione stradale in trincea.....	183
3.6.6	Plinto superficiale per torre di sostegno antenne radio.....	185
3.6.7	Plinto superficiale per palo di supporto telecamere	189

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Introduzione

Il presente documento intende evidenziare i calcoli dimensionali e/o di verifica condotti per la definizione di:

- strutture metalliche di sostegno delle apparecchiature impiantistiche principali collocate lungo il sistema viario (Pannelli a Messaggio Variabile - PMV, antenne radio, telecamere, apparecchi illuminanti)
- plinti di fondazione delle principali strutture metalliche di sostegno delle apparecchiature impiantistiche collocate lungo il sistema viario (PMV, antenne radio, telecamere)

Si precisa che le strutture metalliche di sostegno ed i plinti di fondazione trattati in questo documento riguardano le principali dotazioni impiantistiche previste per i collegamenti stradali nel loro complesso.

Per i disegni delle varie strutture metalliche di sostegno e dei plinti di fondazione si rinvia agli elaborati grafici facenti parte del progetto.

2 Calcoli delle strutture metalliche di sostegno

Il presente paragrafo riporta i calcoli dimensionali e/o di verifica condotti per la definizione delle seguenti strutture metalliche di sostegno delle principali apparecchiature impiantistiche collocate lungo il sistema viario:

- Portale PMV a bandiera di tipo A
- Torre antenne radio
- Palo per sostegno telecamere
- Palo per sostegno apparecchio di illuminazione esterna
- Staffe e mensole metalliche di sostegno per pali di illuminazione su viadotto

2.1 Normativa di riferimento

La definizione delle caratteristiche resistenti delle sezioni, nonché i procedimenti di calcolo (progettazione e verifica) fanno riferimento alle prescrizioni regolamentari contenute nelle seguenti normative:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Legge 5 Novembre 1971, n°1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 Gennaio 2008 pubblicato sul S.O. della G.U. Del 4 Febbraio 2008 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni – NTC2008.
- Nuova Circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2 Febbraio n.617 della G.U. Del 26 Febbraio 2009 n.47
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 Giugno 2001, n.380, testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- CNR-DT 207/2008 Roma – CNR 17 Gennaio 2008 Istruzione per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni (utilizzata in quanto al paragrafo G.7 viene riportato il coefficiente di forma specifico per le insegne e i tabelloni)
- XP P98-550-1 Mai 2008 Signalisation routière verticale, Portiques, potences et hauts mâts.
- DM 21 Giugno 2004-Ministero delle infrastrutture e trasporti. Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale.
- UNI EN 10025 : Prodotti laminati a caldo ..
- UNI ENV 1993-1-1: Progettazione delle strutture in acciaio.
- UNI ENV 1993-1-3 Regole per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo

La norma CNR-DT 207 è utilizzata in quanto riporta il coefficiente di forma specifico per le insegne e i tabelloni.

La norma francese XP P98-550-1 viene utilizzata in quanto è l'unica norma europea che tratta in modo specifico la segnaletica verticale e i portali stradali. In particolare si è fatto riferimento al paragrafo 5.3.4 – “États limites de service” dove sono riportati i limiti per gli spostamenti degli elementi dei portali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2 Portale a bandiera di tipo A

2.2.1 Descrizione del portale

L'opera oggetto della seguente relazione di calcolo è un portale a bandiera con ritto a sezione costante con uno sbraccio da 14000 mm su cui sono applicati un pannello a messaggio variabile (PMV) di dimensione 10300 mm di base e 2600 mm di altezza e tre PMV che fungono da indicatori di corsia di dimensioni 600x600mm; tutti i pannelli sono collegati alla trave mediante montanti realizzati con UPN200 e con un tubo quadro 150x150x10mm.

Il ritto della struttura, alto 5500 mm, è realizzato con un tubolare a sezione costante 800x800 mm spessore 12 mm; rinforzato per tutta la sua altezza con 4 UPN100.

Il primo tratto di trave, lungo 3740mm, è costituito da un tubolare 800x800mm spessore 12 rinforzato con 4 UPN 100 ; il secondo tratto di trave, lungo 10600mm, è realizzato con un tubolare 800x800mm spessore 8mm.

Alla base della struttura è presente una piastra pantografata 1180x1180mm con uno spessore di 30mm, rinforzata mediante nervature, per realizzare il collegamento con il plinto in C.A (collegamento C1) tramite 36 tirafondi M27 in acciaio S355J2G3 (ex FE510D).

Il collegamento tra ritto e trave (collegamento C2) è realizzato con piatti 145x30mm, 150x30mm e 350x30mm in modo da realizzare un giunto flangiato di dimensioni esterne 1200x1060mm con 28 bulloni M27 classe 8.8 e dadi classe 8, il collegamento è rinforzato mediante nervature spessore 10mm.

Il collegamento tra i due tubolari che costituiscono la trave (collegamento C3) è realizzato con piatti 120x30mm in modo da realizzare un giunto flangiato di dimensioni esterne 1030x1030mm tramite 20 bulloni M20 classe 8.8 e dadi classe 8, il collegamento è rinforzato mediante nervature spessore 10mm.

L'accesso alla trave per la manutenzione del PMV avviene mediante scala attaccata al ritto, la trave presenta una protezione con grigliato metallico e un piano di calpestio in alluminio antisdrucciolo.

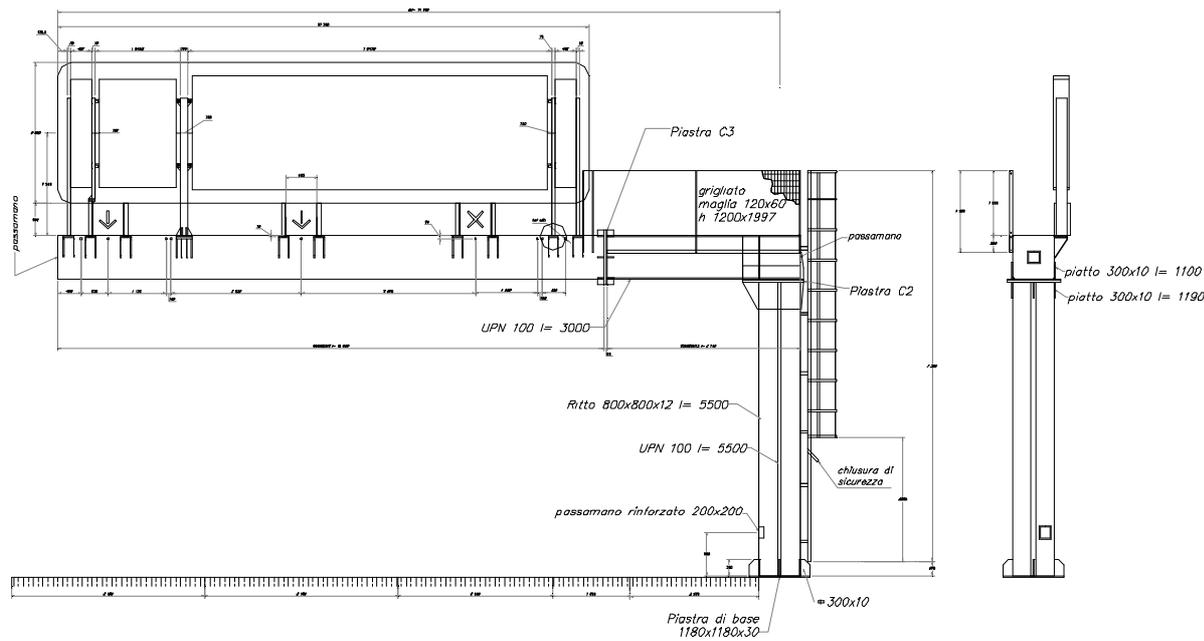
Le dimensioni del plinto di fondazione in C.A. sono definite al Capitolo 3 del presente documento.

Le lamiere costituenti i tubolari sono in acciaio S235JR (ex FE360B), le piastre di collegamento sono realizzate in acciaio S275JR (ex FE430B).

La struttura è sottoposta al peso proprio, al peso del PMV, al carico della neve e al carico di manutenzione, l'azione del vento agisce come pressione orizzontale sia sul pannello, sia sulle

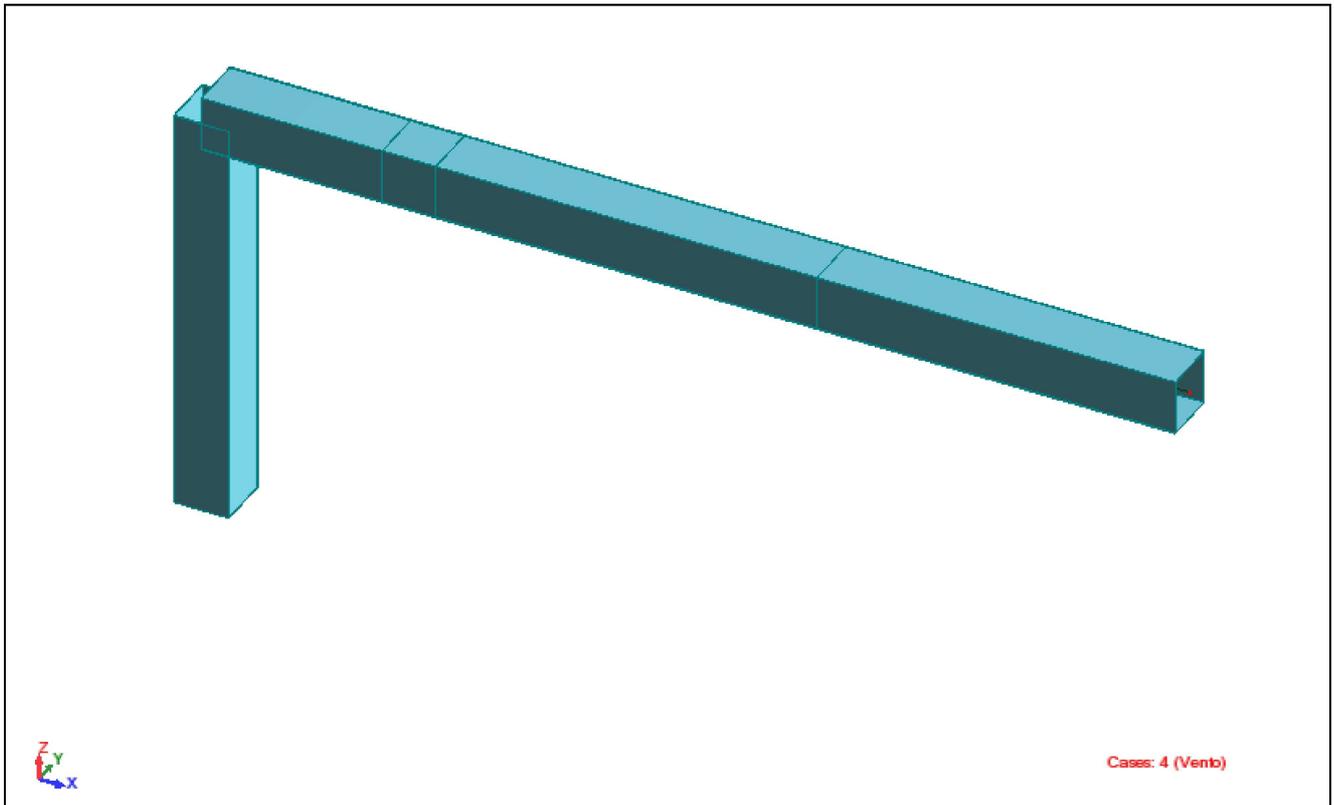
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

lamiere costituenti la struttura.



Schema portale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Modello solido

2.2.1.1 Zona di installazione

L'opera oggetto di questa sezione della relazione è da installarsi in comuni che ricadono, ai sensi dell'allegato n°1 dell'OPCM 3274 del 20/03/2003, in zona sismica 1. La normativa a cui si fa riferimento è contenuta nel D.M. 14/01/2008.

2.2.1.2 Metodo di verifica

Il dimensionamento e la verifica sono stati eseguiti con il metodo degli Stati Limite.

2.2.1.3 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Il portale è un'opera ordinaria con una vita nominale pari a 50 anni e una classe d'uso II.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.1.4 Carichi

Peso proprio (Pp)

Per il peso proprio del portale si è fatto riferimento alla Tabella 3.1.I delle NTC2008, in particolare per l'acciaio è riportato un peso per unità di volume pari a 78.50kN/m³. Il peso della struttura è stato incrementato del 10% per tener conto del peso del piastrame.

Carichi permanenti (PERM)

Oltre al peso del portale sono presenti i seguenti carichi:

Ringhiera:	$(4.10\text{m} \times 0.35\text{kN/m}) + (10.30\text{m} \times 0.18\text{kN/m})$	=
	3.29kN	
Peso 4 UPN 100 Ritto:	$(0.43 \text{ kN/m} \times 5.50\text{m})$	=
	2.37 kN	
Peso 4 UPN 100 Trave:	$(0.43 \text{ kN/m} \times 3.74\text{m})$	=
	1.61 kN	
Scala di accesso:	$(0.2 \text{ kN/m} \times 5.50\text{m})$	=
	1.10 kN	
Montanti sostegno PMV :	$(6 \times 2.5\text{m} \times 0.25\text{k/mN})$	=
	3.75 kN	
PMV (n.3 freccia croce+n.2 lampeggianti+full color+alfanumerico):	$(0.20 \times 3 + 0.5 \times 2 + 1.6 + 7)\text{kN}$	=
	<u>10.20 kN</u>	
TOTALE:		≡
	22.32 kN	

Pressione del Vento

Per il caso di cui trattasi si fa riferimento alla zona 4 del vento ovvero ad una velocità di riferimento pari a 28 m/s.

La classe di rugosità considerata è la D (Aree prive di ostacoli) e categoria II di esposizione del sito.

Zg = 8.20 m posizione baricentro targa

Ce= 2.23

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Pressione cinetica di riferimento:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$q_b = 0.5 \times 1.25 \times 282 = 490 \text{ N/m}^2$$

$C_d = 1$ coefficiente dinamico

$C_p = 1.8$ coefficiente di forma per la targa (CNR-DT207 paragrafo G7)

$C_p = 1.4$ coefficiente di forma per travi isolate (Circolare n.617 del 2 Febbraio 2009)

$$P_v = 2.23 \times 0.49 \text{ kN/m}^2 = 1.09 \text{ kN/m}^2$$

Pressione del vento sul ritto:

$$p_{v,ritto} = 1.4 \times 1.09 \text{ kN/m}^2 \times 0.80 \text{ m} \times 5.50 \text{ m} = 6.71 \text{ kN}$$

Pressione del vento sulla trave:

$$p_{v,trave} = 1.4 \times 1.09 \text{ kN/m}^2 \times 0.80 \text{ m} \times 14.40 \text{ m} = 17.58 \text{ kN}$$

Pressione del vento sul grigliato:

$$p_{v,grigliato} = 0.30 \times 1.8 \times 1.09 \text{ kN/m}^2 \times 1.20 \text{ m} \times 4.10 = 2.41 \text{ kN}$$

Pressione del vento sulle targhe :

$$p_{v,targhe} = 1.8 \times 1.09 \text{ kN/m}^2 \times [(10.30 \text{ m} \times 2.60 \text{ m}) + 3 \times (0.60 \text{ m} \times 0.60 \text{ m})] = 54.66 \text{ kN}$$

Tagliante Vento

$$V_v = 6.71 \text{ kN} + 17.58 \text{ kN} + 2.41 \text{ kN} + 54.66 \text{ kN} = 81.36 \text{ kN}$$

Neve

Il carico provocato dalla neve sulla passerella è così valutato:

Zona Neve = III

$a_s = 31 \text{ m}$

$$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Carico neve totale } N_n = 0.60 \text{ kN/m}^2 \times (14.40 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}) = 6.91 \text{ kN}$$

Manutenzione

Tra i carichi accidentali è stato anche considerata la manutenzione, il sovraccarico considerato è un carico concentrato di 3 kN. Questo carico è considerato un sovraccarico appartenente alla Categoria H.

Azione sismica

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE	<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Come previsto dalle NTC2008 al paragrafo 7.5 “COSTRUZIONI D’ACCIAIO” la struttura è stata progettata con un comportamento strutturale non dissipativo. Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo la resistenza delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al § 4.2. delle NTC2008, non essendo necessario soddisfare i requisiti di duttilità. Questa scelta di progetto è conservativa in quanto adottando un coefficiente di struttura $q=1$ si massimizza la forza del sisma.

Condizione 16: Seismic - NTC 2008 SLD Direction_X

Tipo di analisi: Dinamica sismica

Direzione dell'eccitazione:

X = 1.000

Y = 0.000

Z = 0.000



Dati:

Vita nominale V_N : 50
Classe d'uso : II $C_U = 1.000$
Stato limite : SLD $P_{Vr} = 0.630$
Categoria del suolo : C
Topografia : T2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Spettro : Elastico
Direzione : Orizzontale
Coefficiente di costruzione - q : 1.000

Costruzione ubicata (Coordinate geografiche):

Longitudine : 15.662
Latitudine : 38.111

Parametri dello spettro:

$a_g = 0.899$
 $F_0 = 2.285$
 $T_C = 0.289$
 $S_S = 1.500$ $C_C = 1.582$
 $h/H = 1.000$ $S_T = 1.200$
Smorzamento : $\alpha = 0.050$
Correzione dello smorzamento : $\alpha = [10/(5+\alpha)]^{0,5} = 1.000$

$T_B = 0.152T_C = 0.457T_D = 1.967$ $S = 1.800$

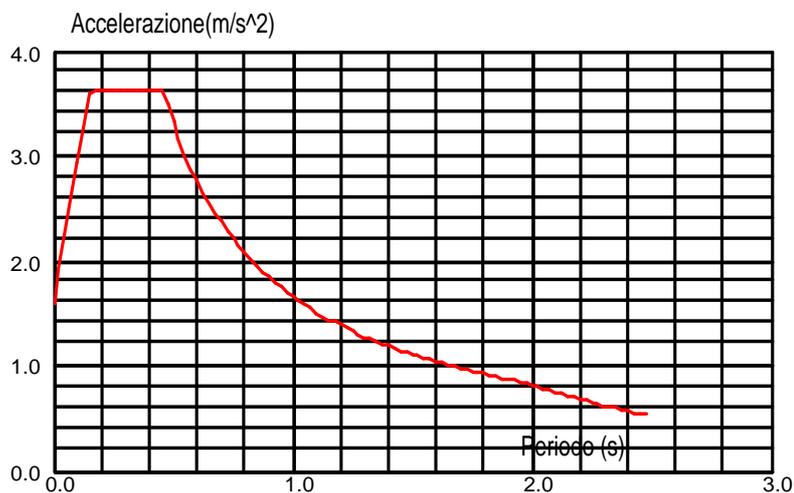
Condizione 17: Seismic - NTC 2008 SLD Direction_Y

Tipo di analisi: Dinamica sismica

Direzione dell'eccitazione:

X = 0.000
Y = 1.000
Z = 0.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Dati:

Vita nominale V_N : 50
Classe d'uso : II $C_U = 1.000$
Stato limite : SLD $P_{Vr} = 0.630$
Categoria del suolo : C
Topografia : T2
Spettro : Elastico
Direzione : Orizzontale
Coefficiente di costruzione - q : 1.000

Costruzione ubicata (Coordinate geografiche):

Longitudine : 15.662
Latitudine : 38.111

Parametri dello spettro:

$a_g = 0.899$
 $F_0 = 2.285$
*
 $T_C = 0.289$
 $S_S = 1.500$ $C_C = 1.582$
 $h/H = 1.000$ $S_T = 1.200$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Smorzamento : $\alpha = 0.050$

Correzione dello smorzamento : $\beta = [10/(5+\alpha)]^{0,5} = 1.000$

$T_B = 0.152$ $T_C = 0.457$ $T_D = 1.967$ $S = 1.800$

Condizione 18: Seismic - NTC 2008 SLD Direction_Z

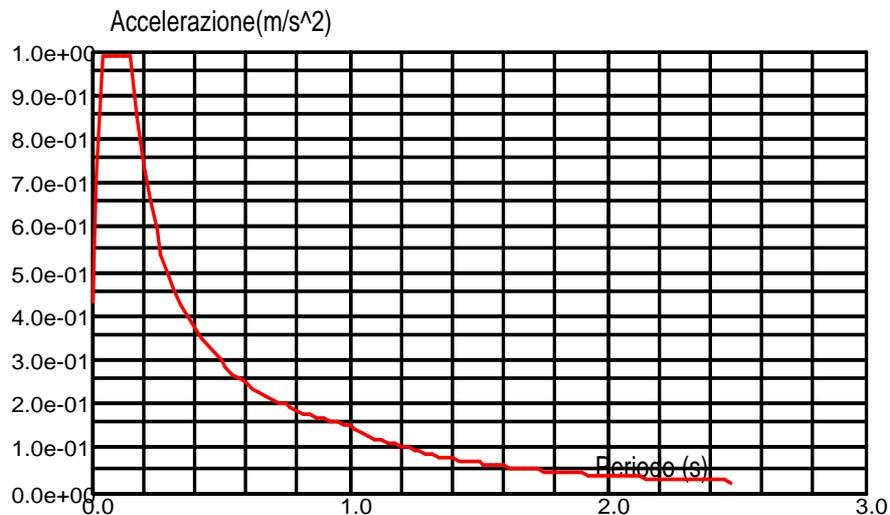
Tipo di analisi: Dinamica sismica

Direzione dell'eccitazione:

X = 0.000

Y = 0.000

Z = 1.000



Dati:

Vita nominale V_N : 50

Classe d'uso : II $C_U = 1.000$

Stato limite : SLD $P_{Vr} = 0.630$

Categoria del suolo : C

Topografia : T2

Spettro : Elastico

Direzione : Verticale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di costruzione - q : 1.000

Costruzione ubicata (Coordinate geografiche):

Longitudine : 15.662

Latitudine : 38.111

Parametri dello spettro:

$a_g = 0.899$

$F_0 = 2.285$

$T_C^* = 0.289$

$S_S = 1.500$ $C_C = 1.582$

$h/H = 1.000$ $S_T = 1.200$

Smorzamento : $x = 0.050$

Correzione dello smorzamento : $\beta = [10/(5+x)]^{0,5} = 1.000$

$T_B = 0.050$ $T_C = 0.150$ $T_D = 1.000$ $S = 1.200$

Condizione 27: Seismic - NTC 2008 SLV Direction_X

Tipo di analisi: Dinamica sismica

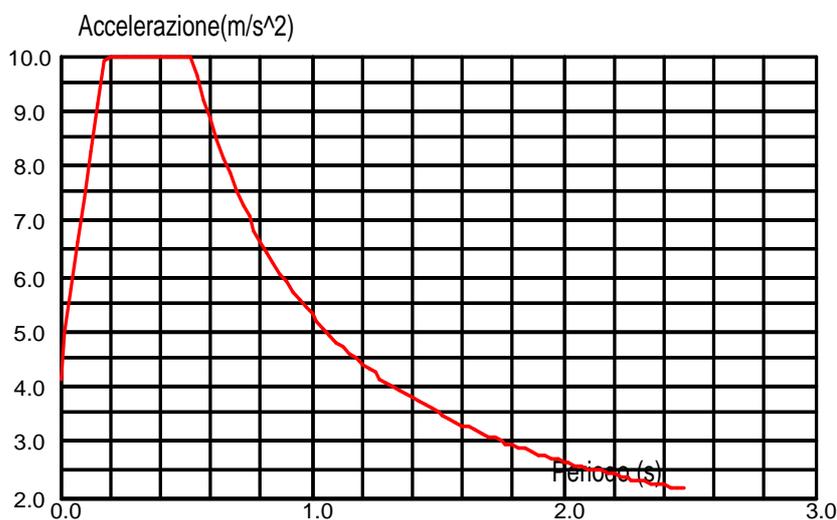
Direzione dell'eccitazione:

X = 1.000

Y = 0.000

Z = 0.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">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						



Dati:

Vita nominale V_N : 50
Classe d'uso : II $C_U = 1.000$
Stato limite : SLV $P_{V_r} = 0.100$
Categoria del suolo : C
Topografia : T2
Spettro : Dimensionante
Direzione : Orizzontale
Coefficiente di costruzione - q : 1.000

Costruzione ubicata (Coordinate geografiche):

Longitudine : 15.662
Latitudine : 38.111

Parametri dello spettro:

$a_g = 2.697$
 $F_0 = 2.413$
 $T_C^* = 0.361$
 $S_S = 1.302$ $C_C = 1.469$
 $h/H = 1.000$ $S_T = 1.200$
Smorzamento : x = 0.050

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Correzione dello smorzamento : $\alpha = [10/(5+\alpha)]^{0,5} = 1.000$
 $T_B = 0.177 T_C = 0.531 T_D = 2.700 S = 1.562$

Condizione 28: Seismic - NTC 2008 SLV Direction_Y

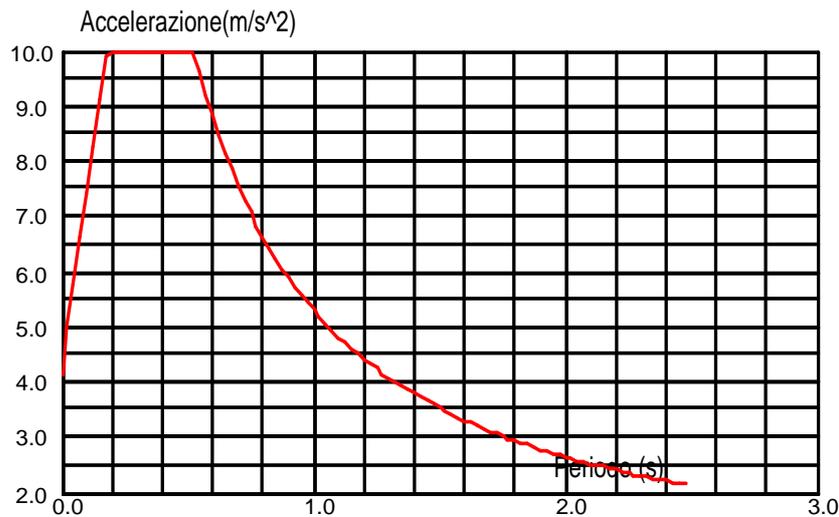
Tipo di analisi: Dinamica sismica

Direzione dell'eccitazione:

X = 0.000

Y = 1.000

Z = 0.000



Dati:

Vita nominale V_N : 50
Classe d'uso : II $C_U = 1.000$
Stato limite : SLV $P_{Vr} = 0.100$
Categoria del suolo : C
Topografia : T2
Spettro : Dimensionante
Direzione : Orizzontale
Coefficiente di costruzione - q : 1.000

Costruzione ubicata (Coordinate geografiche):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Longitudine : 15.662
Latitudine : 38.111

Parametri dello spettro:

$a_g = 2.697$

$F_0 = 2.413$

$T_C = 0.361$

$S_S = 1.302 \quad C_C = 1.469$

$h/H = 1.000 \quad S_T = 1.200$

Smorzamento : $\alpha = 0.050$

Correzione dello smorzamento : $\beta = [10/(5+\alpha)]^{0,5} = 1.000$

$T_B = 0.177 T_C = 0.531 T_D = 2.700 S = 1.562$

Condizione 29: Seismic - NTC 2008 SLV Direction_Z

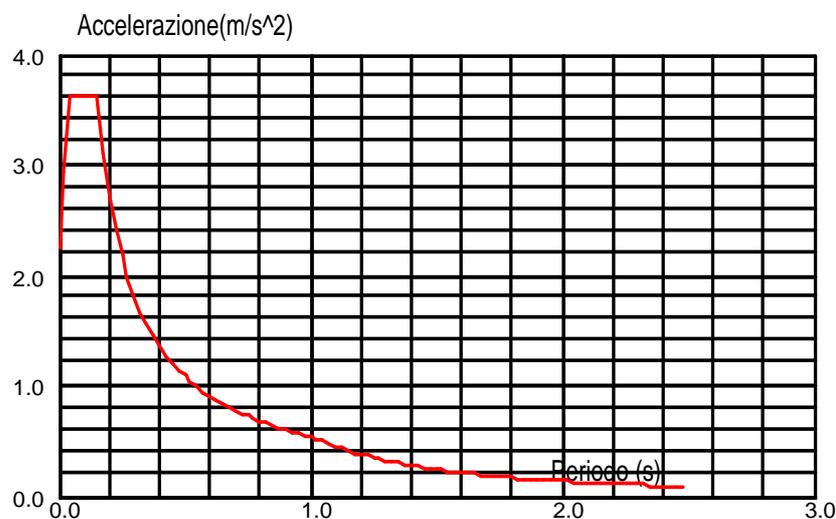
Tipo di analisi: Dinamica sismica

Direzione dell'eccitazione:

$X = 0.000$

$Y = 0.000$

$Z = 1.000$



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dati:

Vita nominale V_N : 50
Classe d'uso : II $C_U = 1.000$
Stato limite : SLV $P_{Vr} = 0.100$
Categoria del suolo : C
Topografia : T2
Spettro : Dimensionante
Direzione : Verticale
Coefficiente di costruzione - q : 1.500

Costruzione ubicata (Coordinate geografiche):

Longitudine : 15.662
Latitudine : 38.111

Parametri dello spettro:

$a_g = 2.697$
 $F_0 = 2.413$
 $T_C = 0.361$
 $S_S = 1.302$ $C_C = 1.469$
 $h/H = 1.000$ $S_T = 1.200$
Smorzamento : $x = 0.050$
Correzione dello smorzamento : $\alpha = [10/(5+\alpha)]^{0,5} = 1.000$
 $T_B = 0.050$ $T_C = 0.150$ $T_D = 1.000$ $S = 1.200$

Variazioni termiche

Poiché la struttura è isostatica le variazioni termiche generano deformazioni ma non creano stati di coazioni interni, per questo motivo non vengono considerate.

Urti ed esplosioni

I portali devono essere installati dietro apposite barriere come prescritto dal DM 21 Giugno 2004 e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

quindi non sono soggetti ad urti od esplosioni.

2.2.2 Combinazioni

I coefficienti di combinazioni per il D.M. 14-01-2008 sono i seguenti:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Manutenzione - Categoria H	0	0	0
Vento	0,6	0,2	0
Neve (a quota \leq 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0
Neve (a quota $>$ 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0

2.2.2.1 Condizioni

Cond.	Carico
1	Peso Proprio
2	Permanente
3	Neve
4	Vento
5	Manutenzione
6	Analisi Modale
16	Spettro elastico Orizzontale SLD direzione x
17	Spettro elastico Orizzontale SLD direzione y
18	Spettro elastico Verticale SLD
27	Spettro elastico Orizzontale SLV direzione x
28	Spettro elastico Orizzontale SLV direzione y
29	Spettro elastico Verticale SLV

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.2.2 Combinazioni SLU/EQU/SLE/SISMICHE

Comb.	Nome	Cond.	Coef.								
7 (C)	SLU VENTO+1	1	1.3	2	1.5	4	1.5	3	1.05		
8 (C)	SLU VENTO +2	1	1	2	1	4	1.5	3	1.05		
9 (C)	SLU NEVE+	1	1.3	2	1.5	3	1.5	4	0.9		
10 (C)	SLU MANUT+	1	1.3	2	1.5	5	1.5				
11 (C)	EQU1	1	0.9	2	0.9	4	1.5				
12 (C)	EQU2	1	0.9	2	0.9	3	1.5				
13 (C)	SLE VENTO +	1	1	2	1	4	1	3	0.7		
14 (C)	SLE NEVE +	1	1	2	1	3	1	4	0.6		
15 (C)	SLE MANUT +	1	1	2	1	5	1				
19 (C) (CQC)	SLD 1. * X 0.3 * Y 0.3 * Z	16	1	17	0.3	18	0.3	1	1	2	1
20 (C) (CQC)	SLD 1. * X -0.3 * Y 0.3 * Z	16	1	17	-0.3	18	0.3	1	1	2	1
21 (C) (CQC)	SLD 1. * X -0.3 * Y -0.3 * Z	16	1	17	-0.3	18	-0.3	1	1	2	1
22 (C) (CQC)	SLD 1. * X 0.3 * Y -0.3 * Z	16	1	17	0.3	18	-0.3	1	1	2	1
23 (C) (CQC)	SLD 0.3 * X 1. * Y 0.3 * Z	16	0.3	17	1	18	0.3	1	1	2	1
24 (C) (CQC)	SLD 0.3 * X -1. * Y 0.3 * Z	16	0.3	17	-1	18	0.3	1	1	2	1
25 (C) (CQC)	SLD 0.3 * X -1. * Y -0.3 * Z	16	0.3	17	-1	18	-0.3	1	1	2	1
26 (C) (CQC)	SLD 0.3 * X 1. * Y -0.3 * Z	16	0.3	17	1	18	-0.3	1	1	2	1
30 (C) (CQC)	SLV 1. * X 0.3 * Y 0.3 * Z	27	1	28	0.3	29	0.3	1	1	2	1
31 (C) (CQC)	SLV 1. * X -0.3 * Y 0.3 * Z	27	1	28	-0.3	29	0.3	1	1	2	1
32 (C) (CQC)	SLV 1. * X -0.3 * Y -0.3 * Z	27	1	28	-0.3	29	-0.3	1	1	2	1
33 (C) (CQC)	SLV 1. * X 0.3 * Y -0.3 * Z	27	1	28	0.3	29	-0.3	1	1	2	1
34 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X 1. * Y 0.3 * Z	27	0.3	28	1	29	0.3	1	1	2	1
35 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X -1. * Y 0.3 * Z	27	0.3	28	-1	29	0.3	1	1	2	1
36 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X -1. * Y -0.3 * Z	27	0.3	28	-1	29	-0.3	1	1	2	1
37 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X 1. * Y -0.3 * Z	27	0.3	28	1	29	-0.3	1	1	2	1

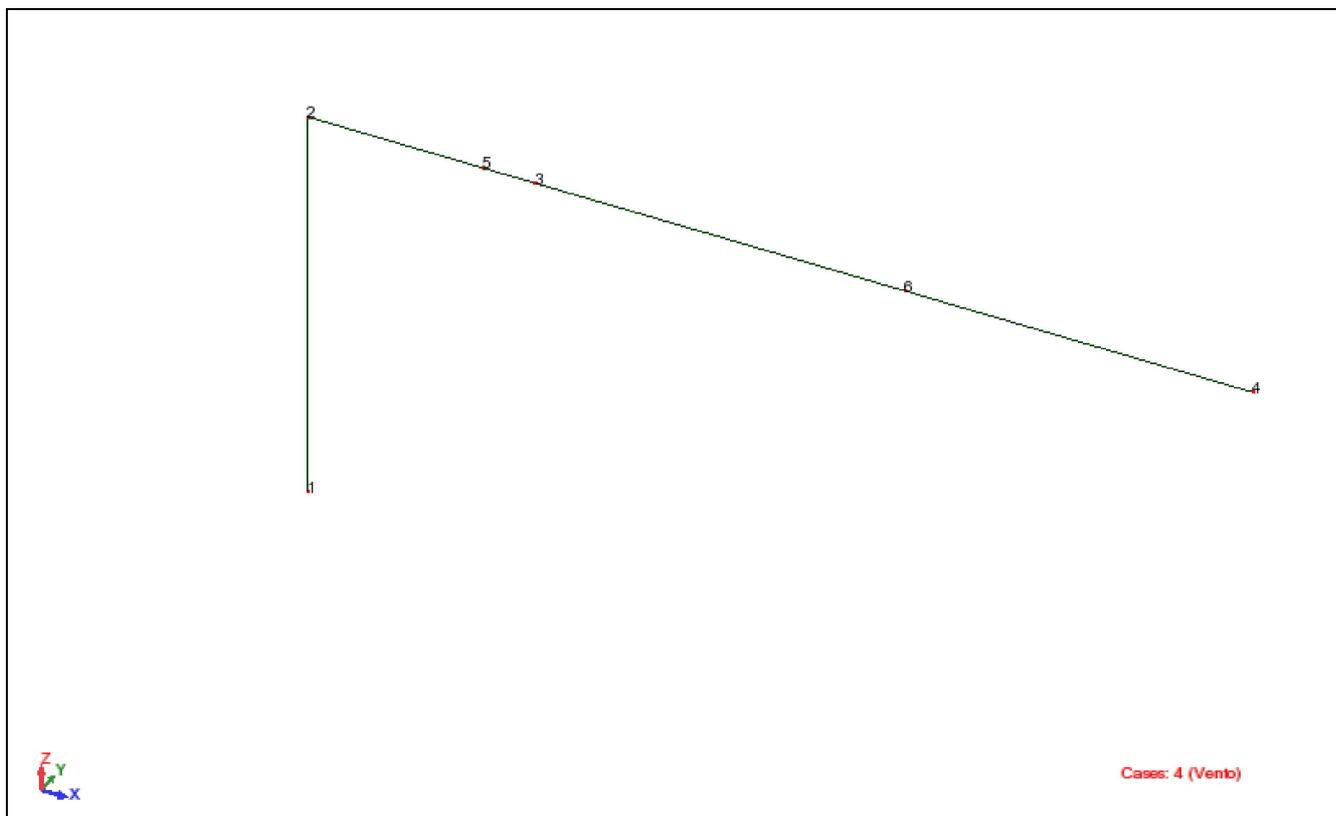
2.2.3 Modello ad elementi finiti

Per il calcolo delle azioni interne e delle reazioni vincolari è stato realizzato un modello ad Elementi Finiti. Per la creazione del modello sono stati utilizzati elementi a due nodi (elementi beam).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.3.1 Dati - Nodi

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Codice del vincolo	Vincoli
1	0.0	0.0	0.0	bbbbbb	Incastro
2	0.0	0.0	6.00		
3	3.37	0.0	6.00		
4	14.00	0.0	6.00		
5	2.60	0.0	6.00		
6	8.85	0.0	6.00		

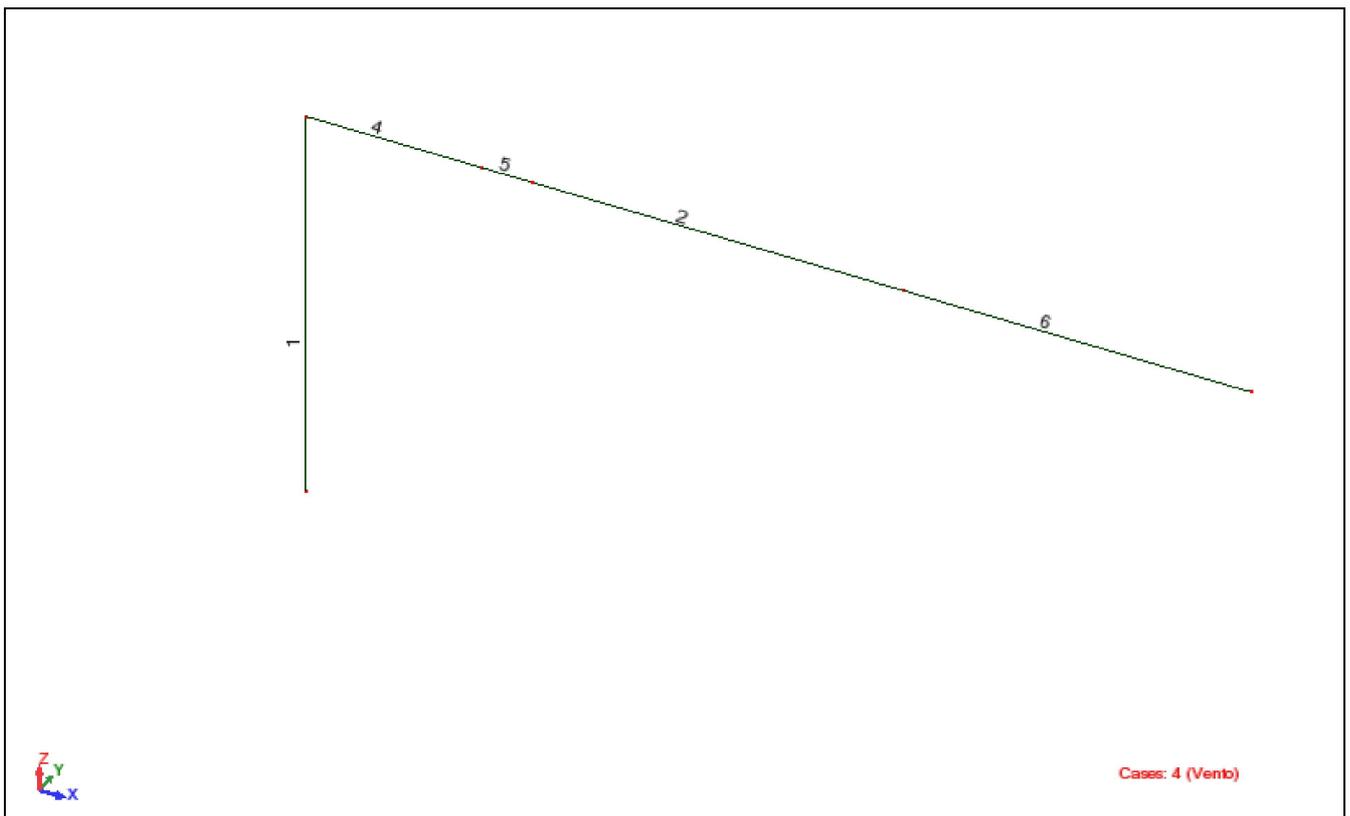


Modello con numerazione nodale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.3.2 Dati - Barre

Elemento	Nodo 1	Nodo 2	Sezione	Materiali	Lunghezza (m)	Gamma (Rad)	Tipo di barra
1	1	2	RR 800x800x12	S 235	6.00	0.0	Colonna_2L
2	3	6	800x800x8	S 235	5.48	0.0	Trave_2L
4	2	5	RR 800x800x12	S 235	2.60	0.0	Trave_2L
5	5	3	800x800x12	S 235	0.77	0.0	Trave_2L
6	6	4	800x800x8	S 235	5.15	0.0	Trave_2L



Modello con numerazione barre

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.3.3 Dati - Proprietà delle sezioni

Nome della sezione	Lista delle barre	AX (mm ²)	AY (mm ²)	AZ (mm ²)	IX (mm ⁴)	IY (mm ⁴)	IZ (mm ⁴)
RR 00x800x12	1 4	37824.000	18789.097	18842.512	5153080546.624	3915338752.000	3915338752.000
800x800x12	5	37824.000	19200.000	19200.000	5871646464.000	3915338752.000	3915338752.000
800x800x8	2 6	25344.000	12800.000	12800.000	3974344704.000	2649833472.000	2649833472.000

2.2.3.4 Dati – Materiali

	Materiali	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1/°C)	RO (kN/m ³)	Re (MPa)
1	S 235 JR	210000.00	81000.00	0.30	0.00	78.50	235.00

2.2.3.5 Condizioni e combinazioni di carico del modello

Condiz.	Nome della condizione	Natura	Tipo di analisi
1	Pp	Permanenti	Static - Linear
2	Perm	Perm.Non-str.	Static - Linear
3	Neve	Neve H<1000	Static - Linear
4	Vento	Vento	Static - Linear
5	Manut	Categoria H	Static - Linear
6	Modal		Modal
7	SLU VENTO+1	permanenti	Linear Combination
8	SLU VENTO +2	permanenti	Linear Combination
9	SLU NEVE+	permanenti	Linear Combination
10	SLU MANUT+	permanenti	Linear Combination
11	EQU1	permanenti	Linear Combination

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condiz.	Nome della condizione	Natura	Tipo di analisi
12	EQU2	permanenti	Linear Combination
13	SLE VENTO +	Permanenti	Linear Combination
14	SLE NEVE +	Permanenti	Linear Combination
15	SLE MANUT +	Permanenti	Linear Combination
16	Seismic - NTC 2008 SLD Direction_X	Sismiche	Dynamics - Seismic
17	Seismic - NTC 2008 SLD Direction_Y	Sismiche	Dynamics - Seismic
18	Seismic - NTC 2008 SLD Direction_Z	Sismiche	Dynamics - Seismic
19	SLD 1. * X 0.3 * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
20	SLD 1. * X -0.3 * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
21	SLD 1. * X -0.3 * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
22	SLD 1. * X 0.3 * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
23	SLD 0.3 * X 1. * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
24	SLD 0.3 * X -1. * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
25	SLD 0.3 * X -1. * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
26	SLD 0.3 * X 1. * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
27	Seismic - NTC 2008 SLV Direction_X	Sismiche	Dynamics - Seismic
28	Seismic - NTC 2008 SLV Direction_Y	Sismiche	Dynamics - Seismic
29	Seismic - NTC 2008 SLV Direction_Z	Sismiche	Dynamics - Seismic
30	SLV 1. * X 0.3 * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
31	SLV 1. * X -0.3 * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
32	SLV 1. * X -0.3 * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
33	SLV 1. * X 0.3 * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
34	SLV 0.3 * X 1. * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
35	SLV 0.3 * X -1. * Y 0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
36	SLV 0.3 * X -1. * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination
37	SLV 0.3 * X 1. * Y -0.3 * Z	Sismiche	Linear Combination

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.3.6 Carichi del modello

Condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	peso proprio	1 2 4to6	PZ Negativo Coeff.=1.10
2	forza nodale	2	FZ=-2.00(kN)
2	carichi uniformi	4 5	PZ=-0.35(kN/m)
2	carichi uniformi	2 6	PZ=-0.18(kN/m)
2	forza nodale	6	FZ=-14.00(kN)
2	carichi uniformi	1 4	PZ=-0.43(kN/m)
3	carichi uniformi	2 4to6	PZ=-0.60(kN/m)
4	carichi uniformi	1	PY=1.22(kN/m)
4	carichi uniformi	4 5	PY=1.73(kN/m)
4	carichi uniformi	2 6	PY=1.22(kN/m)
4	forza nodale	6	FY=54.66(kN) CX=-103.85(kNm)
5	forza nodale	4	FZ=-3.00(kN)

2.2.4 Calcolo e verifiche

Per la determinazione delle azioni agenti sono stati presi in esame gli schemi precedentemente illustrati, i carichi del vento e i pesi dei pannelli sono stati considerati distribuiti sulla lunghezza della targa, il peso della struttura è considerato diffuso lungo i profili. Per la valutazione delle forze sismiche è stata condotta un'analisi dinamica modale.

Il vento non viene combinato con il sisma come prescritto dalle NTC2008.

Vengono eseguite le verifiche per le sezioni maggiormente sollecitate nelle condizioni più gravose e le verifiche dei giunti bullonati. Le verifiche delle saldature a completa penetrazione si ritengono soddisfatte con la verifica dei profili.

2.2.4.1 Tipo di analisi

Viene condotta sul modello un'analisi elastica lineare e un' analisi dinamica modale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.4.2 Software utilizzati

Per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle barre è stato utilizzato il programma Autodesk Robot Structural Analysis 2011, per la rielaborazione dei dati e la verifica dei nodi è stato utilizzato il software OpenOffice 3.2.0.

2.2.5 Analisi

2.2.5.1 Risultati della dinamica – Autovalori

Condiz./Modo	Autovalore	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Precisione	Pulsazione (1/sec)
6/ 1	94.63	1.55	0.65	0.00	9.73
6/ 2	147.66	1.93	0.52	0.00	12.15
6/ 3	1974.12	7.07	0.14	0.00	44.43
6/ 4	2238.65	7.53	0.13	0.00	47.31
6/ 5	8999.03	15.10	0.07	0.00	94.86
6/ 6	9071.33	15.16	0.07	0.00	95.24

2.2.5.2 Reazioni vincolari nodo di base

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 1/	-0.00	0.0	53.87	0.0	-220.59	0.0
1/ 2/	-0.00	0.0	22.79	0.0	-143.96	0.0
1/ 3/	-0.00	0.0	8.40	0.0	-58.80	0.0
1/ 4/	0.0	-80.78	0.0	566.56	0.0	-606.20
1/ 5/	-0.00	0.0	3.00	0.0	-42.00	0.0
1/ 7 (C)/	-0.00	-121.17	113.03	849.84	-564.44	-909.30
1/ 8 (C)/	-0.00	-121.17	85.48	849.84	-426.29	-909.30
1/ 9 (C)/	-0.00	-72.70	116.81	509.91	-590.90	-545.58

**RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI
FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO
DELLE APPARECCHIATURE
IMPIANTISTICHE**

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 10 (C)/	-0.00	0.0	108.71	0.0	-565.70	0.0
1/ 11 (C)/	-0.00	-121.17	68.99	849.84	-328.09	-909.30
1/ 12 (C)/	-0.00	0.0	81.59	0.0	-416.29	0.0
1/ 13 (C)/	-0.00	-80.78	82.54	566.56	-405.71	-606.20
1/ 14 (C)/	-0.00	-48.47	85.06	339.94	-423.35	-363.72
1/ 15 (C)/	-0.00	0.0	79.66	0.0	-406.55	0.0
1/ 16/ RQSQ	30.36	0.00	9.03	0.00	162.31	0.00
1/ 17/ RQSQ	0.00	29.83	0.00	178.98	0.00	245.61
1/ 18/ RQSQ	1.27	0.00	1.89	0.00	17.93	0.00
1/ 19 (C) (CQC)/	30.79	8.96	86.25	53.75	-196.46	73.68
1/ 20 (C) (CQC)/	30.79	-8.96	86.25	-53.75	-196.46	-73.68
1/ 21 (C) (CQC)/	30.02	-8.96	85.12	-53.75	-207.22	-73.68
1/ 22 (C) (CQC)/	30.02	8.96	85.12	53.75	-207.22	73.68
1/ 23 (C) (CQC)/	9.51	29.86	79.93	179.18	-310.36	245.61
1/ 24 (C) (CQC)/	9.51	-29.86	79.93	-179.18	-310.36	-245.61
1/ 25 (C) (CQC)/	8.74	-29.86	78.80	-179.18	-321.11	-245.61
1/ 26 (C) (CQC)/	8.74	29.86	78.80	179.18	-321.11	245.61
1/ 27/ RQSQ	70.57	0.00	22.14	0.00	386.52	0.00
1/ 28/ RQSQ	0.00	72.78	0.00	436.70	0.00	606.99
1/ 29/ RQSQ	4.66	0.00	6.91	0.00	65.57	0.00
1/ 30 (C) (CQC)/	72.08	21.86	100.86	131.15	42.59	182.09
1/ 31 (C) (CQC)/	72.08	-21.86	100.86	-131.15	42.59	-182.09
1/ 32 (C) (CQC)/	69.28	-21.86	96.72	-131.15	3.26	-182.09
1/ 33 (C) (CQC)/	69.28	21.86	96.72	131.15	3.26	182.09
1/ 34 (C) (CQC)/	22.61	72.86	85.37	437.17	-228.64	606.98
1/ 35 (C) (CQC)/	22.61	-72.86	85.37	-437.17	-228.64	-606.98
1/ 36 (C) (CQC)/	19.80	-72.86	81.22	-437.17	-267.97	-606.98
1/ 37 (C) (CQC)/	19.80	72.86	81.22	437.17	-267.97	606.98

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.5.3 Validazione del Modello

Tagliante Vento

$$V_v = 6.71 \text{ kN} + 17.58 \text{ kN} + 2.41 \text{ kN} + 54.66 \text{ kN} = 81.36 \text{ kN}$$

$V_v = 80.78 \text{ kN}$ valore da modello ad elementi finiti

Sovraccarico Totale Permanente

$$Q_{perm} = 22.32 \text{ kN}$$

$Q_{PERM} = 22.79 \text{ kN}$ valore da modello ad elementi finiti

Sovraccarico Totale Neve

$$N_n = 0.60 \text{ kN/m}^2 \times (14.40 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}) = 6.91 \text{ kN}$$

$Q_{NEVE} = 8.40 \text{ kN}$ valore da modello ad elementi finiti

2.2.5.4 Deformazioni

Spostamenti massimi

Si riportano gli spostamenti nel nodo 2 e 4 del modello, il nodo 2 si trova in sommità al ritto, mentre il nodo 4 è posto sull'estremo libero dello sbraccio. Le condizioni considerate sono quelle degli Stati Limite di Esercizio (SLE) e degli Stati Limite di Danno (SLD).

nodo/cond.	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
2/13 (C)	8,9	8,9	-0,1	-0,002	0,003	0,009
2/14 (C)	9,3	5,4	-0,1	-0,001	0,003	0,005
2/15 (C)	8,9	0	-0,1	0,000	0,003	0,000
2/19 (C) (CQC)	10,6	0,8	0	0,000	0,003	0,001
2/20 (C) (CQC)	10,6	-0,8	0	0,000	0,003	-0,001
2/21 (C) (CQC)	10,4	-0,8	0	0,000	0,003	-0,001
2/22 (C) (CQC)	10,4	0,8	0	0,000	0,003	0,001
2/23 (C) (CQC)	8,9	2,6	0	0,001	0,003	0,004
2/24 (C) (CQC)	8,9	-2,6	0	-0,001	0,003	-0,004
2/25 (C) (CQC)	8,6	-2,6	0	-0,001	0,003	-0,004
2/26 (C) (CQC)	8,6	2,6	0	0,001	0,003	0,004
MAX	10,6	8,9	0	0,001	0,003	0,009
MIN	8,6	-2,6	-0,1	-0,002	0,003	-0,004

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

nodo/cond.	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
4/13 (C)	8,9	172,6	-69	-0,005	0,006	0,013
4/14 (C)	9,3	103,5	-72	-0,003	0,006	0,008
4/15 (C)	8,9	0	-70,2	0,000	0,006	0,000
4/19 (C) (CQC)	10,6	21,3	-45,2	0,000	0,007	0,002
4/20 (C) (CQC)	10,6	-21,3	-45,2	0,000	0,007	-0,002
4/21 (C) (CQC)	10,4	-21,3	-46,8	0,000	0,006	-0,002
4/22 (C) (CQC)	10,4	21,3	-46,8	0,000	0,006	0,002
4/23 (C) (CQC)	8,9	71	-56,3	0,001	0,006	0,006
4/24 (C) (CQC)	8,9	-71	-56,3	-0,001	0,006	-0,006
4/25 (C) (CQC)	8,6	-71	-58	-0,001	0,005	-0,006
4/26 (C) (CQC)	8,6	71	-58	0,001	0,005	0,006
MAX	10,6	172,6	-45,2	0,001	0,007	0,013
MIN	8,6	-71	-72	-0,005	0,005	-0,006

2.2.6 Verifica deformazioni portale

Sbraccio=	14000 mm	Sbraccio ritto	
Hritto=	6000 mm	Altezza ritto	
Ritto			
sx	10,6 mm		spostamento in direzione x sommità ritto
sy	8,9 mm		spostamento in direzione y sommità ritto
sx/Hritto	1/ 566	<1/100	
sy/Hritto	1/ 674	<1/100	
r=	0,009 rad	<0.04 rad	rotazione in testa al ritto
Trave			
sy	172,6 mm		
sz	72 mm		
cf	0 mm	controfreccia	
s'y	163,7 mm		spostamento dello sbraccio considerato incastrato
s'z	72		spostamento verticale meno la controfreccia
s'y/Sbr	1/ 86	<1/50	
sz/Sbr	1/ 194	<1/100	

Le limitazioni considerate sono quelle riportate al paragrafo 5.3.4 della norma XP P98-550-1.

2.2.7 Verifiche

2.2.7.1 Materiali impiegati

Calcestruzzo per il plinto: C25/30

Acciaio profili: S235JR (ex Fe 360 b)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Acciaio piastre: S275JR (ex Fe 430 b)

Bulloni: Classe 8.8

Dadi: Classe 8

Tirafondi: S355J2G3 (ex Fe 510 d)

2.2.7.2 Verifica ritto

GRUPPO:

BARRA: 1 Colonna_2L_1

PUNTO: 1

COORDINATA: x = 0.00 L = 0.00 m

CARICHI:

Condizione di carico decisiva: 7 SLU VENTO+1 1*1.30+(2+4)*1.50+3*1.05

MATERIALE:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRI DELLA SEZIONE: RR 800x800x12

h=800 mm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=800 mm	Ay=18912.000 mm ²	Az=18912.000 mm ²	Ax=37824.000 mm ²
tw=12 mm	Iy=3915338752.000 mm ⁴		Iz=3915338752.000 mm ⁴
tf=12 mm	Wply=10677862.400 mm ³		Wplz=10677862.400 mm ³

AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:

N,Ed = 113.03 kN	My,Ed = -564.41 kN*m	Mz,Ed = -849.84 kN*m	Vy,Ed = -121.17 kN
Nc,Rd = 8465.37 kN	My,pl,Rd = 2389.81 kN*m		Mz,pl,Rd = 2389.81 kN*m
	Vy,T,Rd = 1289.72 kN		
Nb,Rd = 6763.36 kN	My,c,Rd = 2389.81 kN*m		Mz,c,Rd = 2389.81 kN*m
	Vz,Ed = -0.01 kN		
	My,N,Rd = 2389.81 kN*m		Mz,N,Rd = 2389.81 kN*m
	Vz,T,Rd = 1289.72 kN		
			Tt,Ed = -909.30 kN*m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Classe della sezione = 2

PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:



rispetto all'asse Y:

$L_y = 12.00 \text{ m}$ $Lam_y = 0.79$
 $Lcr,y = 24.00 \text{ m}$ $X_y = 0.80$
 $Lamy = 74.60$ $kzy = 0.61$



rispetto all'asse Z:

$L_z = 12.00 \text{ m}$ $Lam_z = 0.79$
 $Lcr,z = 24.00 \text{ m}$ $X_z = 0.80$
 $Lamz = 74.60$ $kzz = 0.83$

FORMULE DI VERIFICA:

Controllo di resistenza della sezione:

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_y,Ed/M_y,N,Rd)^{1.66} + (M_z,Ed/M_z,N,Rd)^{1.66} = 0.27 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_y,Ed/V_y,T,Rd = 0.09 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_z,Ed/V_z,T,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy},Ed/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.47 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz},Ed/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.47 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Controllo della stabilità globale della barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 74.60 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 74.60 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABILE}$$

$$N,Ed/(X_y \cdot N,Rk/gM_1) + k_{yy} \cdot M_y,Ed/(XLT \cdot M_y,Rk/gM_1) + k_{yz} \cdot M_z,Ed/(M_z,Rk/gM_1) = 0.43 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed/(X_z \cdot N,Rk/gM_1) + k_{zy} \cdot M_y,Ed/(XLT \cdot M_y,Rk/gM_1) + k_{zz} \cdot M_z,Ed/(M_z,Rk/gM_1) = 0.46 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

SPOSTAMENTI LIMITE



Flessioni Analisi non effettuata



Spostamenti

$$v_x = 9.3 \text{ mm} < v_x \text{ max} = L/100.00 = 60.0 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

Condizione di carico decisiva: 14 SLE NEVE + (1+2+3)*1.00+4*0.60

$$v_y = 8.9 \text{ mm} < v_y \text{ max} = L/100.00 = 60.0 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

Condizione di carico decisiva: 13 SLE VENTO + (1+2+4)*1.00+3*0.70

Profilato corretto !!!

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.7.3 Verifica trave

GRUPPO:

BARRA: 2

PUNTO: 1

COORDINATA: x = 0.00 L = 0.00 m

CARICHI:

Condizione di carico decisiva: 7 SLU VENTO+1 1*1.30+(2+4)*1.50+3*1.05

MATERIALE:

S 235 (S 235) fy = 235.00 MPa



PARAMETRI DELLA SEZIONE: 800x800x8

h=800.0 mm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=800.0 mm	Ay=12800.000 mm ²	Az=12544.000 mm ²	Ax=25344.000 mm ²
tw=8.0 mm	Iy=2649833472.000 mm ⁴		Iz=2649833472.000 mm ⁴
tf=8.0 mm	Wely=6624583.680 mm ³		Welz=6624583.680 mm ³
	Weffy=4648330.845 mm ³		Weffz=4604344.791 mm ³

AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:

N,Ed = 0.01 kN	My,Ed = -326.67 kN*m	Mz,Ed = -552.70 kN*m	Vy,Ed = -101.44 kN
Nc,Rd = 2926.88 kN	My,el,Rd = 1482.64 kN*m		Mz,el,Rd = 1482.64 kN*m
	Vy,T,Rd = 1455.30 kN		
Nb,Rd = 2530.94 kN	My,c,Rd = 1040.34 kN*m		Mz,c,Rd = 1030.50 kN*m
	Vz,Ed = 60.81 kN		
			Vz,T,Rd = 1426.19 kN
	Mb,Rd = 1040.34 kN*m		Tt,Ed = 155.78 kN*m
			Classe della sezione = 4



PARAMETRI D'INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE:

z = 1.00	Mcr = 55574.27 kN*m	Curva,LT - a	XLT = 1.00
Lcr,upp=28.00 m	Lam_LT = 0.14	fi,LT = 0.00	XLT,mod = 1.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:



rispetto all'asse Y:



rispetto all'asse Z:

$$L_y = 14.00 \text{ m} \quad \text{Lam}_y = 0.66$$

$$L_z = 14.00 \text{ m} \quad \text{Lam}_z = 0.66$$

$$L_{cr,y} = 28.00 \text{ m} \quad X_y = 0.86$$

$$L_{cr,z} = 28.00 \text{ m} \quad X_z = 0.86$$

$$\text{Lamy} = 86.59 \quad k_{yy} = 1.00$$

$$\text{Lamz} = 86.59 \quad k_{zz} = 1.00$$

FORMULE DI VERIFICA:

Controllo di resistenza della sezione:

$$N, Ed/Nc, Rd + M_y, Ed/M_{y,c}, Rd + M_z, Ed/M_{z,c}, Rd = 0.85 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(2))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}_x, Ed)^2 + 3 \cdot (\text{Tau}_{xy}, Ed + \text{Tau}_{yx}, Ed)^2} / (f_y / gM_0) = 0.86 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$V_y, Ed/V_{y,T}, Rd = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_z, Ed/V_{z,T}, Rd = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\text{Tau}_{xy}, Ed / (f_y / (\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\text{Tau}_{xz}, Ed / (f_y / (\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Controllo della stabilità globale della barra:

$$\text{Lambda}_y = 86.59 < \text{Lambda}_{max} = 210.00 \quad \text{Lambda}_z = 86.59 < \text{Lambda}_{max} = 210.00 \quad \text{STABILE}$$

$$M_y, Ed / M_b, Rd = 0.31 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N, Ed / (X_y \cdot N, Rk / gM_1) + k_{yy} \cdot M_y, Ed / (XLT \cdot M_y, Rk / gM_1) + k_{yz} \cdot M_z, Ed / (M_z, Rk / gM_1) = 0.85 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N, Ed / (X_z \cdot N, Rk / gM_1) + k_{zy} \cdot M_y, Ed / (XLT \cdot M_y, Rk / gM_1) + k_{zz} \cdot M_z, Ed / (M_z, Rk / gM_1) = 0.85 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

SPOSTAMENTI LIMITE



Flessioni

$$u_y = 65.5 \text{ mm} < u_y \text{ max} = L/50.00 = 109.6 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

Condizione di carico decisiva: 13 SLE VENTO + (1+2+4)*1.00+3*0.70

$$u_z = 28.9 \text{ mm} < u_z \text{ max} = L/100.00 = 54.8 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

Condizione di carico decisiva: 14 SLE NEVE + (1+2+3)*1.00+4*0.60



Spostamenti Analisi non effettuata

Profilato corretto !!!

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">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						

GRUPPO:

BARRA: 4

PUNTO: 1

COORDINATA: x = 0.00 L = 0.00 m

CARICHI:

Condizione di carico decisiva: 7 SLU VENTO+1 1*1.30+(2+4)*1.50+3*1.05

MATERIALE:

S 235 (S 235) fy = 235.00 MPa



PARAMETRI DELLA SEZIONE: RR 800x800x12

h=800 mm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=800 mm	Ay=18912.000 mm ²	Az=18912.000 mm ²	Ax=37824.000 mm ²
tw=12 mm	Iy=3915338752.000 mm ⁴		Iz=3915338752.000 mm ⁴
tf=12 mm	Wply=10677862.400 mm ³		Wplz=10677862.400 mm ³

AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:

N,Ed = 0.01 kN	My,Ed = -564.44 kN*m	Mz,Ed = -909.30 kN*m	Vy,Ed = -110.19 kN
Nc,Rd = 8465.37 kN	My,pl,Rd = 2389.81 kN*m		Mz,pl,Rd = 2389.81 kN*m
	Vy,T,Rd = 2246.04 kN		
Nb,Rd = 6062.46 kN	My,c,Rd = 2389.81 kN*m		Mz,c,Rd = 2389.81 kN*m
	Vz,Ed = 80.69 kN		
	My,N,Rd = 2389.81 kN*m		Mz,N,Rd = 2389.81 kN*m
	Vz,T,Rd = 2246.04 kN		
			Tt,Ed = 155.78 kN*m
			Classe della sezione = 2

PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:



rispetto all'asse Y:

L_y = 14.00 m Lam_y = 0.93
L_{cr,y} = 28.00 m X_y = 0.72



rispetto all'asse Z:

L_z = 14.00 m Lam_z = 0.93
L_{cr,z} = 28.00 m X_z = 0.72

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Lamy = 87.03 kzy = 0.60 Lamz = 87.03 kzz = 1.00

FORMULE DI VERIFICA:

Controllo di resistenza della sezione:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$(My,Ed/My,N,Rd)^{1.66} + (Mz,Ed/Mz,N,Rd)^{1.66} = 0.29 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.05 < 1.00$ (6.2.6-7)

$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.04 < 1.00$ (6.2.6-7)

$Tau,ty,Ed/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.08 < 1.00$ (6.2.6)

$Tau,tz,Ed/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.08 < 1.00$ (6.2.6)

Controllo della stabilità globale della barra:

$\Lambda_{y} = 87.03 < \Lambda_{max} = 210.00$ $\Lambda_{z} = 87.03 < \Lambda_{max} = 210.00$ STABILE

$N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.46 < 1.00$ (6.3.3.(4))

$N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.52 < 1.00$ (6.3.3.(4))

SPOSTAMENTI LIMITE



Flessioni

$u_y = 25.0 \text{ mm} < u_y \text{ max} = L/50.00 = 52.0 \text{ mm}$ Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 13 SLE VENTO + (1+2+4)*1.00+3*0.70

$u_z = 9.6 \text{ mm} < u_z \text{ max} = L/100.00 = 26.0 \text{ mm}$ Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 14 SLE NEVE + (1+2+3)*1.00+4*0.60



Spostamenti *Analisi non effettuata*

Profilato corretto !!!

GRUPPO:

BARRA: 5

PUNTO: 1

COORDINATA: x = 0.00 L = 0.00 m

CARICHI:

Condizione di carico decisiva: 7 SLU VENTO+1 1*1.30+(2+4)*1.50+3*1.05

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

MATERIALE:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00 \text{ MPa}$

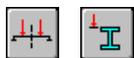


PARAMETRI DELLA SEZIONE: 800x800x12

$h=800.0 \text{ mm}$	$gM0=1.05$	$gM1=1.05$	
$b=800.0 \text{ mm}$	$A_y=19200.000 \text{ mm}^2$	$A_z=18624.000 \text{ mm}^2$	$A_x=37824.000 \text{ mm}^2$
$tw=12.0 \text{ mm}$	$I_y=3915338752.000 \text{ mm}^4$		$I_z=3915338752.000 \text{ mm}^4$
$tf=12.0 \text{ mm}$	$W_{ely}=9788346.880 \text{ mm}^3$		$W_{elz}=9788346.880 \text{ mm}^3$
	$W_{effy}=9788346.880 \text{ mm}^3$		$W_{effz}=8041737.865 \text{ mm}^3$

AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:

$N_{,Ed} = 0.01 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -375.09 \text{ kN}^*\text{m}$	$M_{z,Ed} = -631.58 \text{ kN}^*\text{m}$	$V_{y,Ed} = -103.44 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 8465.37 \text{ kN}$	$M_{y,el,Rd} = 2190.73 \text{ kN}^*\text{m}$		$M_{z,el,Rd} = 2190.73 \text{ kN}^*\text{m}$
	$V_{y,T,Rd} = 2280.26 \text{ kN}$		
$N_{b,Rd} = 5519.08 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 2190.73 \text{ kN}^*\text{m}$		$M_{z,c,Rd} = 2190.73 \text{ kN}^*\text{m}$
	$V_{z,Ed} = 64.97 \text{ kN}$		
			$V_{z,T,Rd} = 2211.85 \text{ kN}$
	$M_{b,Rd} = 2190.73 \text{ kN}^*\text{m}$		$T_{t,Ed} = 155.78 \text{ kN}^*\text{m}$
			Classe della sezione = 3



PARAMETRI D'INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 82117.32 \text{ kN}^*\text{m}$	Curva,LT - a	$X_{LT} = 1.00$
$L_{cr,upp}=28.00 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.17$	$f_{i,LT} = 0.00$	$X_{LT,mod} = 1.00$

PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:



rispetto all'asse Y:

$L_y = 14.00 \text{ m}$	$Lam_y = 0.86$
$L_{cr,y} = 28.00 \text{ m}$	$X_y = 0.76$
$L_{amy} = 87.03$	$k_{yy} = 1.00$



rispetto all'asse Z:

$L_z = 14.00 \text{ m}$	$Lam_z = 0.86$
$L_{cr,z} = 28.00 \text{ m}$	$X_z = 0.76$
$L_{amz} = 87.03$	$k_{zz} = 1.00$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMULE DI VERIFICA:

Controllo di resistenza della sezione:

$$N,Ed/Nc,Rd + My,Ed/My,c,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.46 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(1))$$

$$\sqrt{(\text{Sig},x,Ed^2 + 3*(\text{Tau},y,Ed+\text{Tau},ty,Ed)^2)/(\text{fy}/gM0)} = 0.47 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\text{Tau},ty,Ed/(\text{fy}/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\text{Tau},tz,Ed/(\text{fy}/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Controllo della stabilità globale della barra:

$$\text{Lambda},y = 87.03 < \text{Lambda},\text{max} = 210.00 \quad \text{Lambda},z = 87.03 < \text{Lambda},\text{max} = 210.00 \quad \text{STABILE}$$

$$My,Ed/Mb,Rd = 0.17 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.52 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.52 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

SPOSTAMENTI LIMITE



Flessioni

$$u_y = 8.1 \text{ mm} < u_y \text{ max} = L/50.00 = 15.4 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

$$\text{Condizione di carico decisiva: } 13 \text{ SLE VENTO} + (1+2+4)*1.00+3*0.70$$

$$u_z = 3.3 \text{ mm} < u_z \text{ max} = L/100.00 = 7.7 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

$$\text{Condizione di carico decisiva: } 14 \text{ SLE NEVE} + (1+2+3)*1.00+4*0.60$$



Spostamenti *Analisi non effettuata*

Profilato corretto !!!

Conforme al punto 5.5.2.(9), la sezione della barra è stata classificata come sezione di classe 3, anche se, conforme al prospetto 5.2, soddisfa le condizioni della classe 4. Il controllo della stabilità sarà effettuato conforme al punto 5.5.2.(10) come per le barre di classe 4.

N.B.: I riferimenti ai paragrafi sono fatti rispetto all'Eurocodice 3, il punto 5.5.2.(9) dell'Eurocodice 3 corrisponde al paragrafo C.4.2.3.1 della circolare applicativa delle NTC2008.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">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						

GRUPPO:
BARRA: 6
PUNTO: 1
COORDINATA: x = 0.00 L = 0.00 m
CARICHI:
Condizione di carico decisiva: 34 SLV 0.3 * X 1. * Y 0.3 * Z (27+29)*0.30+(28+1+2)*1.00

MATERIALE:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa

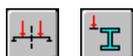
PARAMETRI DELLA SEZIONE: 800x800x8

h=800.0 mm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=800.0 mm	Ay=12800.000 mm ²	Az=12544.000 mm ²	Ax=25344.000 mm ²
tw=8.0 mm	Iy=2649833472.000 mm ⁴		Iz=2649833472.000 mm ⁴
tf=8.0 mm	Wely=6624583.680 mm ³		Welz=6624583.680 mm ³
	Weffy=4648330.845 mm ³		Weffz=4604344.791 mm ³

AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:

N,Ed = 1.23 kN	My,Ed = -43.36 kN*m	Mz,Ed = 49.24 kN*m	Vy,Ed = 9.56 kN
Nc,Rd = 5672.23 kN	My,el,Rd = 1482.64 kN*m		Mz,el,Rd = 1482.64 kN*m
	Vy,c,Rd = 1653.97 kN		
Nb,Rd = 2530.94 kN	My,c,Rd = 1482.64 kN*m		Mz,c,Rd = 1482.64 kN*m
	Vz,Ed = 14.52 kN		
			Vz,c,Rd = 1620.89 kN
	Mb,Rd = 1040.34 kN*m		

Classe della sezione = 3


PARAMETRI D'INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE:

z = 1.00	Mcr = 55574.27 kN*m	Curva,LT - a	XLT = 1.00
Lcr,upp=28.00 m	Lam_LT = 0.14	fi,LT = 0.00	XLT,mod = 1.00

PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><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						



rispetto all'asse Y:

$L_y = 14.00 \text{ m}$ $L_{am_y} = 0.66$
 $L_{cr,y} = 28.00 \text{ m}$ $X_y = 0.86$
 $L_{am_y} = 86.59$ $k_{yy} = 1.00$



rispetto all'asse Z:

$L_z = 14.00 \text{ m}$ $L_{am_z} = 0.66$
 $L_{cr,z} = 28.00 \text{ m}$ $X_z = 0.86$
 $L_{am_z} = 86.59$ $k_{zz} = 1.00$

FORMULE DI VERIFICA:

Controllo di resistenza della sezione:

$$N, Ed/Nc, Rd + M_y, Ed/M_y, c, Rd + M_z, Ed/M_z, c, Rd = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(1))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}, x, Ed^2 + 3 \cdot \text{Tau}, z, Ed^2)} / (f_y / gM_0) = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$V_y, Ed/V_y, c, Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

$$V_z, Ed/V_z, c, Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Controllo della stabilità globale della barra:

$$\lambda_{y} = 86.59 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 86.59 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \text{STABILE}$$

$$M_y, Ed/M_b, Rd = 0.04 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N, Ed / (X_y \cdot N, Rk / gM_1) + k_{yy} \cdot M_y, Ed / (XLT \cdot M_y, Rk / gM_1) + k_{yz} \cdot M_z, Ed / (M_z, Rk / gM_1) = 0.09 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N, Ed / (X_z \cdot N, Rk / gM_1) + k_{zy} \cdot M_y, Ed / (XLT \cdot M_y, Rk / gM_1) + k_{zz} \cdot M_z, Ed / (M_z, Rk / gM_1) = 0.09 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

SPOSTAMENTI LIMITE



Flessioni

$$u_y = 65.0 \text{ mm} < u_y \text{ max} = L/50.00 = 103.0 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

Condizione di carico decisiva: 13 SLE VENTO + (1+2+4)*1.00+3*0.70

$$u_z = 30.2 \text{ mm} < u_z \text{ max} = L/100.00 = 51.5 \text{ mm} \quad \text{Verifica effettuata}$$

Condizione di carico decisiva: 14 SLE NEVE + (1+2+3)*1.00+4*0.60



Spostamenti Analisi non effettuata

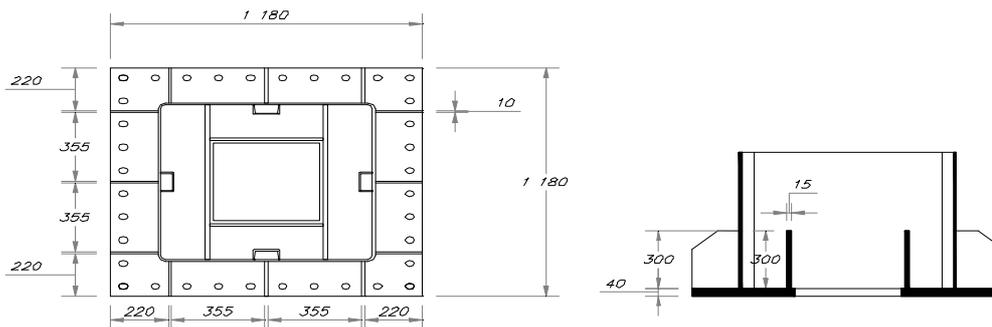
Profilato corretto !!!

Conforme al punto 5.5.2.(9), la sezione della barra è stata classificata come sezione di classe 3, anche se, conforme al prospetto 5.2, soddisfa le condizioni della classe 4. Il controllo della stabilità sarà effettuato conforme al punto 5.5.2.(10) come per le barre di classe 4.

N.B.: I riferimenti ai paragrafi sono fatti rispetto all'Eurocodice 3, il punto 5.5.2.(9) dell'Eurocodice 3 corrisponde al paragrafo C.4.2.3.1 della circolare applicativa delle NTC2008.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.2.7.4 Collegamento di Base C1



n1=	8	numero bulloni fila 1
n2=	10	numero bulloni fila 2
nb=	36	numero totale bulloni
A1=	1180 mm	dimensione piastra in dir. 1
A2=	1180 mm	dimensione piastra in dir. 2
e1=	50 mm	distanza foro in dir. 1
e2=	50 mm	distanza foro in dir. 2
b1=	1080 mm	distanza file di bulloni in dir. 1
b2=	1080 mm	distanza file di bulloni in dir. 2
Sp=	30 mm	spessore piastra
M=	27 mm	diametro tirafondi
dr1=	800 mm	dimensione ritto dir1
dr2=	800 mm	dimensione ritto dir2
db1=	130 mm	distanza del bullone dal ritto direzione 1
db2=	130 mm	distanza del bullone dal ritto direzione 2

Si utilizzano tirafondi in acciaio S355J2G3

Df=	32 mm	diametro foro piastra
$\Sigma r^2=$	14081904 mm ²	sommatorie al quadrato delle distanze delle barre dal centro
Ares=	459 mm ²	Area resistente bullone
Azioni	condizione di carico	SLU VENTO +1
N=	113.03 kN	
Vv=	121.17 kN	
Vp=	0 kN	
T=	909.3 kNm	
Mv=	849.84 kNm	
Mp=	564.44 kNm	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica bulloni

Resistenza della barra al taglio

$$F_{v,rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Fv,rd= 112.4 kN

Resistenza della barra a trazione

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Ft,rd= 168.5 kN

Fb,peso= 85.05 kN

Fb,vento= 103.09 kN

Fb,sd= 103.09 kN

trazione di progetto nei bulloni per effetto del momento al peso

trazione di progetto nei bulloni per effetto del momento al vento

trazione di progetto nella barra maggiormente sollecitata

$$F_{v,sd} = \sqrt{\left(\frac{V_v}{nb} + \frac{T \cdot b_2}{2 \cdot \sum r^2}\right)^2 + \left(\frac{V_p}{nb} + \frac{T \cdot b_1}{2 \cdot \sum r^2}\right)^2}$$

Fv,sd= 51.75 kN

taglio di progetto nella barra maggiormente sollecitata

$$\frac{F_{v,sd}}{F_{v,rd}} + \frac{F_{t,sd}}{1.4 \cdot F_{t,rd}}$$

0.9

collegamento verificato

Verifica strappo piastra

Mp= 11.06 kNm

Mv= 6.7 kNm

bp= 260 mm

bv= 260 mm

wp= 58500 mmc

wv= 58500 mmc

sp= 189.01 < 261.9 S275 JR

sv= 114.54 < 261.9 S275 JR

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica rifollamento

$$\alpha = \min\left(\frac{e1}{3 \cdot d0}, \frac{p1}{3 \cdot d0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0\right)$$

$$ab = 0.52$$

$$K1 = 2.5$$

$$F_{b,rd} = \frac{ab \cdot k1 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$f_u = 430 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ACCIAIO S275JR}$$

$$d_b = 27 \text{ mm} \quad \text{diametro barre}$$

$$F_{b,rd} = 362.81 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{v,sd}/F_{b,rd} = 0.14 \quad \text{verificato}$$

Verifica ancoraggio tirafondi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si adotta tirafondo con affondamento minimo 600mm

Ft,sd= 103.09 kN

fck= 25 MPa

$$f_{ctd} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{(2/3)} / \gamma_c$$

fctd= 1.2 MPa resistenza di calcolo alla trazione

n1= 1 coef. dipendente dalle condizioni di aderenza

n2= 1 coef. dipendente dal diametro di ancoraggio

$$f_{bd} = 2.25 \cdot n1 \cdot n2 \cdot f_{ctd}$$

fbd= 2.69 N/mm² aderenza barre

hef= 835 mm lunghezza efficace del bullone di ancoraggio

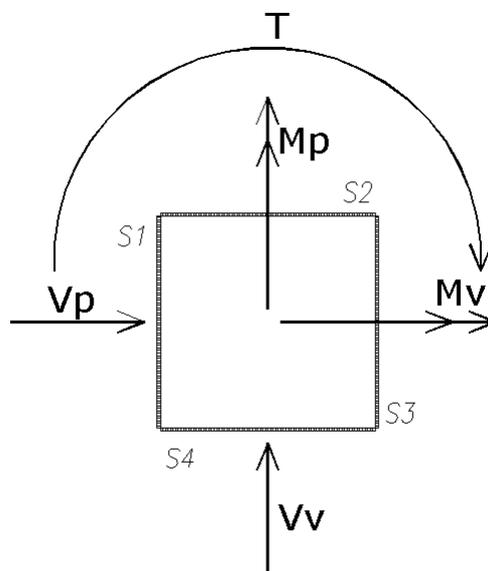
db= 27 mm diametro tirafondi

$$F_{t,Rd} = L_{eq} \cdot \pi \cdot d_b \cdot f_{bd}$$

Ft,Rd,p= 190.66 kN

Ft,sd/Ft,Rd= 0.54 verificato

Verifica saldature a cordoni d'angolo



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

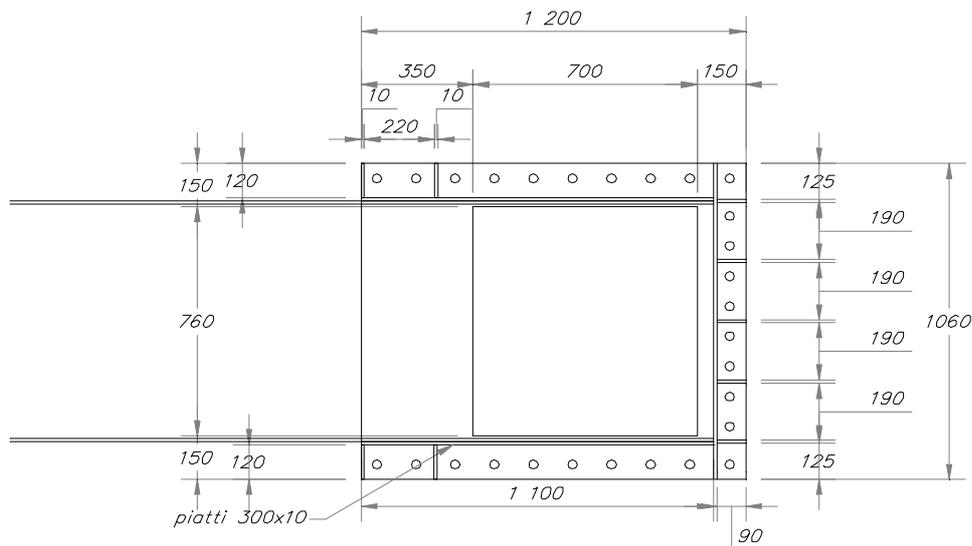
a= 12 mm sezione di gola della saldatura
L1= 800 mm lunghezza saldature S1 e S3
L2= 800 mm lunghezza saldature S2 e S4
A1= 9600 mmq
A2= 9600 mmq saldatura su piastra di rinforzo
Cordoni S2 e S4
tp= 0 N/mmq
n2= 110.66 N/mmq

$$\sqrt{n2^2 + tp^2} \quad 110.66 < \quad 199.75 \text{ N/mmq}$$

Cordoni S1 e S3
tp= 118.4 N/mmq
n2= 73.49 N/mmq

$$\sqrt{n2^2 + tp^2} \quad 139.36 < \quad 199.75 \text{ N/mmq}$$

Collegamento Ritto - Trave C2



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

n1=	10	numero bulloni fila 1
n2=	9	numero bulloni fila 2
lb1=	1 file di bulloni dir.1	
lb2=	2 file di bulloni dir.2	
nb=	28	numero totale bulloni
A1=	1200 mm	dimensione piastra in dir. 1
A2=	1060 mm	dimensione piastra in dir. 2
e1=	50 mm	distanza foro in dir. 1
e2=	50 mm	distanza foro in dir. 2
b1=	1100 mm	distanza file di bulloni in dir. 1
b2=	960 mm	distanza file di bulloni in dir. 2
Sp=	30 mm	spessore piastra
M=	27 mm	diametro viti
dr1=	800 mm	dimensione ritto dir1
dr2=	800 mm	dimensione ritto dir2
db1=	40 mm	distanza del bullone dal ritto direzione 1
db2=	65 mm	distanza del bullone dal ritto direzione 2
i1=	122.22 mm	interrasse bulloni direzione 1
i2=	106.67 mm	interrasse bulloni direzione 2
Si utilizzano viti classe 8.8 e dadi classe 8		
Df=	23 mm	diametro foro piastra
$\Sigma r^2=$	9214414 mmq	sommatorie al quadrato delle distanze delle barre dal centro
Ares=	459 mmq	Area resistente bullone tratto filettato
Azioni	condizione di carico	SLU VENTO 1+
N=	83.69 kN	
Vv=	110.19 kN	
Vp=	0 kN	
T=	909.3 kNm	
Mv=	155.78 kNm	
Mp=	564.44 kNm	

Verifica bulloni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza della barra al taglio

$$F_{v,rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Fv,rd= 176.3 kN

Resistenza della barra a trazione

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Ft,rd= 264.4 kN

Fp,peso= 67.57 kN trazione di progetto nella parete del ritto per effetto del momento

Fp,vento= 18.65 kN trazione di progetto nella parete del ritto per effetto del momento

Ft,peso= 155.4 kN trazione di progetto per effetto del momento al peso

Ft,vento= 33.56 kN trazione di progetto per effetto del momento al vento

trazione di progetto nella barra maggiormente sollecitata

Ft,sd= 155.4 kN < 264.4 kN VERIFICATO

$$F_{v, sd} = \sqrt{\left(\frac{V_v}{nb}\right)^2 + \left(\frac{V_p}{nb} + \frac{T}{b \cdot l \cdot n_2}\right)^2}$$

taglio di progetto nella barra maggiormente sollecitata

Fv,sd= 91.93 kN < 176.3 kN VERIFICATO

0.94

Verifica strappo piastra

Mp= 4.39 kNm

Mv= 0.75 kNm

bp= 130 mm

bv= 80 mm

wp= 29250 mmc

wv= 18000 mmc

sp= 150.15 < 261.9 S275JR

sv= 41.44 < 261.9 S275JR

Verifica rifollamento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\alpha = \min\left(\frac{e1}{3 \cdot d0}, \frac{p1}{3 \cdot d0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0\right)$$

ab= 0.72

K1= 2.5

$$F_{b,rd} = \frac{ab \cdot k1 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

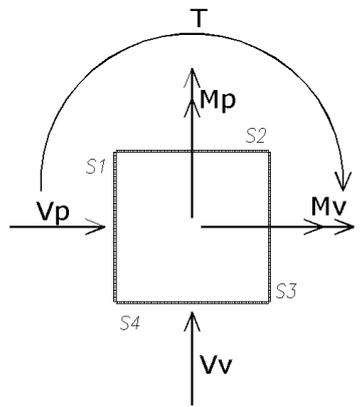
f_u= 430 N/mm² ACCIAIO S275JR

db= 27 mm diametro barre

F_{b,rd} = 504.78 N/mm²

F_{v,sd}/F_{b,rd}= 0.18 verificato

Verifica saldature a cordoni d'angolo



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a= 12 mm sezione di gola della saldatura
L1= 800 mm lunghezza saldature S1 e S3
L2= 800 mm lunghezza saldature S2 e S4
A1= 9600 mmq
A2= 9600 mmq
Cordoni S2 e S4
tp= 5.74 N/mmq
n2= 73.49 N/mmq

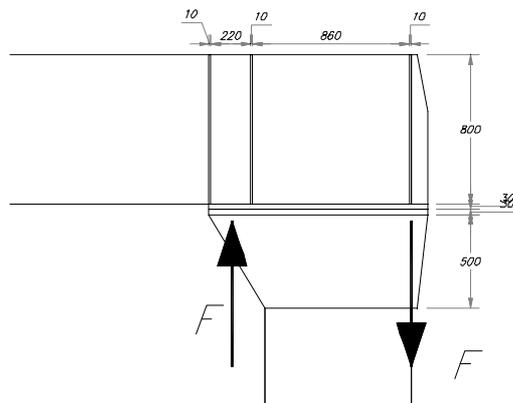
$$\sqrt{n2^2 + tp^2} \quad 73.72 < \quad 199.75 \text{ N/mmq}$$

Cordoni S1 e S3

tp= 20.28 N/mmq
n2= 118.4 N/mmq

$$\sqrt{n2^2 + tp^2} \quad 120.12 < \quad 199.75 \text{ N/mmq}$$

2.2.7.5 Verifica schiacciamento trave sul nodo C2 per effetto del momento al Peso



N= 78.69 Combinazine 30 SLV1

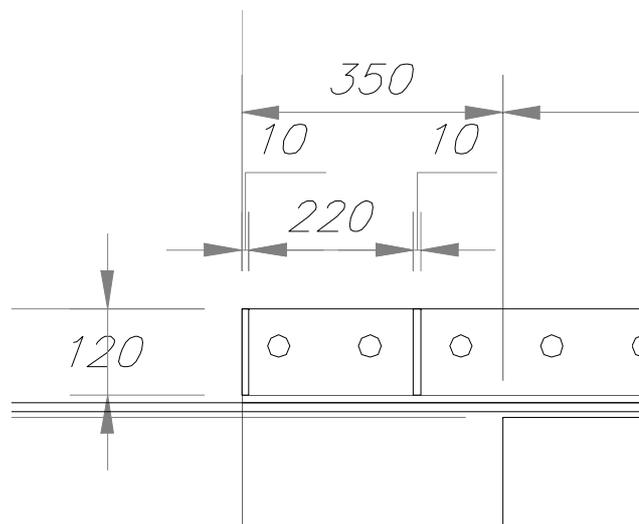
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$M_p = 597.24 \text{ kNm}$ Combinazione 30 SLV1

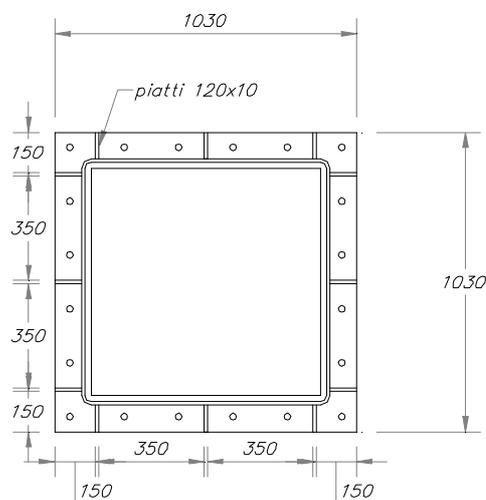
$F = 597.42/0.97 + 78.69 = 694.59 \text{ kN}$

$A_s = 2 \times (12 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} + 2 \times 120 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}) = 10560 \text{ mm}^2$

$s = 694590 \text{ N} / 10560 \text{ mm}^2 = 65.78 \text{ N/mm}^2 = 235 / 1.05 = 223.8 \text{ N/mm}^2$



2.2.7.6 Collegamento Trave - Trave C3



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

n1=	4	numero bulloni fila 1
n2=	6	numero bulloni fila 2
nb=	20	numero totale bulloni
A1=	1030 mm	dimensione piastra in dir. 1
A2=	1030 mm	dimensione piastra in dir. 2
e1=	50 mm	distanza foro in dir. 1
e2=	50 mm	distanza foro in dir. 2
b1=	930 mm	distanza file di bulloni in dir. 1
b2=	930 mm	distanza file di bulloni in dir. 2
Sp=	30 mm	spessore piastra
M=	27 mm	diametro tirafondi
dr1=	800 mm	dimensione trave dir1
dr2=	800 mm	dimensione trave dir2
db1=	40 mm	distanza del bullone dal ritto direzione 1
db2=	40 mm	distanza del bullone dal ritto direzione 2
Si utilizzano bulloni Classe 8.8		
Df=	32 mm	diametro foro piastra
$\Sigma r^2=$	5508432 mmq	sommatorie al quadrato delle distanze delle barre dal centro
Ares=	459 mmq	Area resistente bullone
Azioni	condizione di carico	SLU VENTO +1
N=	0 kN	
Vv=	103.44 kN	
Vp=	64.97 kN	
T=	104.78 kNm	
Mv=	631.58 kNm	
Mp=	375.09 kNm	

Verifica bulloni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza della barra al taglio

$$F_{v,rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Fv,rd= 176.3 kN

Resistenza della barra a trazione

$$F_{t,rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Ft,rd= 264.4 kN

Fp,peso= 117.22 kN

Fp,vento= 131.58 kN

Fb,peso= 210.99 kN

Fb,vento= 236.84 kN

Fb,sd= 236.84 kN

trazione di progetto nella parete della trave effetto del momento al peso
trazione di progetto nella parete della trave effetto del momento al momento
trazione di progetto nei bulloni per effetto del momento al peso
trazione di progetto nei bulloni per effetto del momento al vento
trazione di progetto nella barra maggiormente sollecitata

$$F_{v, sd} = \sqrt{\left(\frac{V_v}{nb} + \frac{T \cdot b2}{2 \cdot \Sigma r^2}\right)^2 + \left(\frac{V_p}{nb} + \frac{T \cdot b1}{2 \cdot \Sigma r^2}\right)^2}$$

Fv,sd= 18.51 kN taglio di progetto nella barra maggiormente sollecitata

$$\frac{F_{v, sd}}{F_{v, rd}} + \frac{F_{t, sd}}{1.4 \cdot F_{t, rd}} = 0.74 \quad \text{collegamento verificato}$$

Verifica strappo piastra

Mp=	2.34 kNm	due superfici di incastro
Mv=	2.63 kNm	due superfici di incastro
bp=	80 mm	
bv=	80 mm	
wp=	18000 mmc	
wv=	18000 mmc	
sp=	130.24 <	261.9 S 275 JR
sv=	146.2 <	261.9 S 275 JR

Verifica rifollamento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\alpha = \min\left(\frac{eI}{3 \cdot d_0}, \frac{pI}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0\right)$$

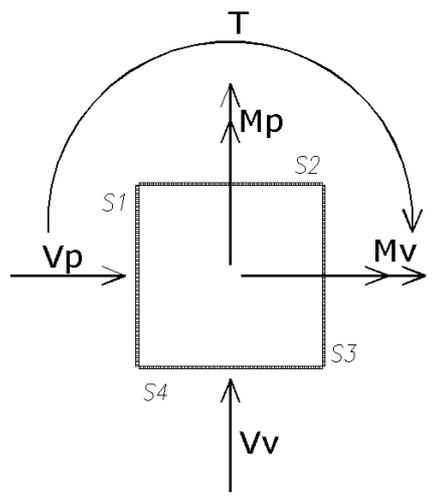
$$ab = 0.52$$

$$K1 = 2.5$$

$$F_{b,rd} = \frac{ab \cdot k1 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

fu=	430 N/mmq	ACCIAIO S275JR
db=	27 mm	diametro barre
Fb,rd =	362.81 N/mmq	
Fv,sd/Fb,rd=	0.05	verificato

Verifica saldature a cordoni d'angolo



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a= 12 mm sezione di gola della saldatura
L1= 800 mm lunghezza saldature S1 e S3
L2= 800 mm lunghezza saldature S2 e S4
A1= 9600 mmq
A2= 9600 mmq
Cordoni S2 e S4
tp= 5.39 N/mmq
n2= 48.84 N/mmq

$$\sqrt{n2^2 + tp^2} \quad 49.14 < \quad 199.75 \text{ N/mmq}$$

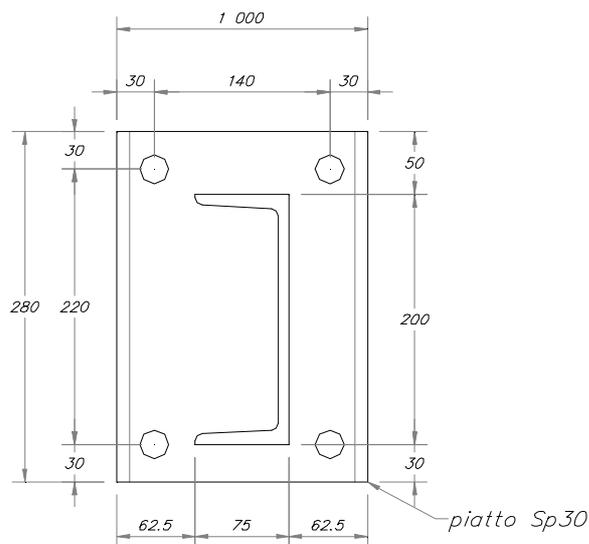
Cordoni S1 e S3

tp= 13.64 N/mmq
n2= 82.24 N/mmq

$$\sqrt{n2^2 + tp^2} \quad 83.36 < \quad 199.75 \text{ N/mmq}$$

2.2.7.7 Collegamento Trave – UPN200

Verifica profilo



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><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						

A=	8.28 mq	area influenza PMV
Fk=	16.25 kN	Tagliante caratteristico vento
Fsd=	24.37 kN	Tagliante di progetto
b=	1.9 m	braccio PMV
Msd=	46.3 kNm	Momento alla base
Wupn200=	191000 mmc	modulo di resistenza
Ay=	1771 mmq	area al taglio
s=	242.4 N/mmq	
t=	13.76 N/mmq	
sid=	243.57 <262N/mmq	S 275 JR

Verifica collegamento

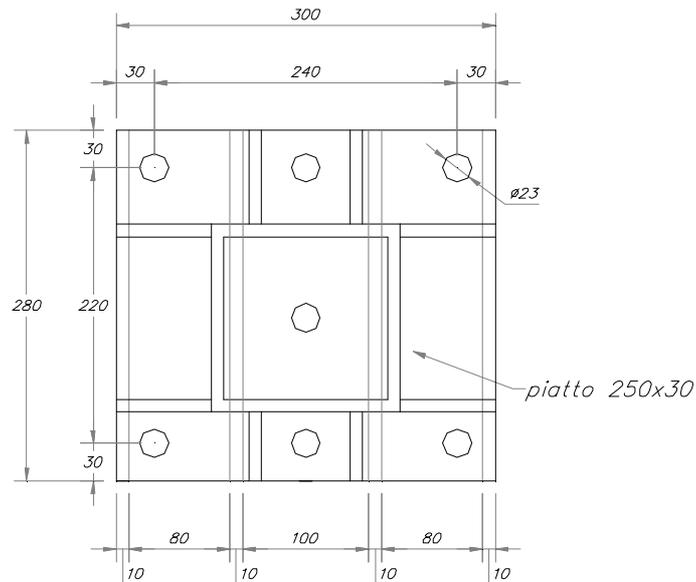
bb=	200 mm	braccio collegamento bullonato
nf=	2	numero bulloni per fila
nf2=	2	numero file
Fsd=	24.37 kN	Tagliante di progetto
Msd=	46.3 kNm	Momento alla base
Ftsd=	115.75 kN	
Fvsd=	6.09 kN	
Ftrd=	141.1 kN	
Fvrd=	94.08 kN	
FS=	0.65 <1	verificato

Verifica piastra

Fsd=	115.75 kN	
d=	20 mm	distanza da incastro
sp=	30 mm	spessore piatto
wp=	9000 mmc	
m=	2314963.8 Nmm	
s=	257.22 <262N/mmq	S 275 JR

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">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						

2.2.7.8 Collegamento Trave – Tubolare 150x150x10mm EN 10219



Verifica profilo

A=	10.12 mq	area influenza PMV
Fk=	19.86 kN	Tagliante caratteristico vento
Fsd=	29.78 kN	Tagliante di progetto
b=	1.9 m	braccio PMV
Msd=	56.59 kNm	Momento alla base
Wupn200=	232000 mmc	modulo di resistenza
Ay=	3000 mmq	area al taglio
s=	243.91 N/mmq	
t=	9.93 N/mmq	
sid=	244.52 < 262N/mmq	S 275 JR

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

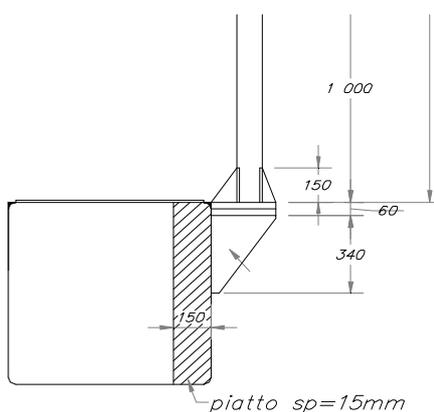
Verifica collegamento

bb=	220 mm	braccio collegamento bullonato
nf=	4	numero bulloni per fila
nf2=	2	numero file
Fsd=	29.78 kN	Tagliante di progetto
Msd=	56.59 kNm	Momento alla base
Ftsd=	64.3 kN	
Fvsd=	3.72 kN	
Ftrd=	141.1 kN	
Fvrd=	94.08 kN	
FS=	0.37 < 1	verificato

Verifica piastra

Fsd=	64.3 kN	
d=	20 mm	distanza da incastro
sp=	30 mm	spessore piatto
wp=	9000 mmc	
m=	1286091 Nmm	
s=	142.9 < 262N/mm ²	S 275 JR

Verifica nervature interne profilo trave



In corrispondenza di ogni nervatura esterna delle mensole è presenta una nervatura interna da 150mm per uno spessore di 15mm a tutta altezza.

$$Msd = 46.3\text{kNm}$$

$$Fsd = 46.30\text{kN}/0.4\text{m} / 2 = 58\text{kN}$$

forza per singola nervatura

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Msd2 = 58kN \times 0.8m / 4 = 11.6kNm$$

$$wpl = 15mm \times 150mm^2 / 4 = 84375mmc$$

$$s = 11.6 \times 10^6 Nmm / 84375mmc = 137.48N/mm^2 < 262N/mm^2$$

2.3 Torre per sostegno delle antenne radio

2.3.1 Tipologia torre

- Accesso alle apparecchiature con scala di risalita.
- Altezza fuori terra della torre in opera = 20.00 m
- Numero dei tronchi costituenti la torre = 2
- Dispositivo di attacco alla fondazione con piastra di base e tirafondi

Torre atta la sostegno di:

- n. 3 antenne sistema TETRA 992x492x190
- n. 1 antenna FM
- n. 4 antenne GSM/UMTS 662x155x69
- n. 2 antenne PS e VV.F
- n. 1 antenna servizio 118

Torre di tipo autoportante a stelo unico, di forma conica costante, ottenuti da lamiera piegata a freddo e saldata nel senso longitudinale. La sezione trasversale forma un poligono regolare; i lati sono uniti da raccordi circolari realizzati in fase di presso-piegatura.

L'incastro nel blocco di fondazione è realizzato mediante piastra e tirafondi o con l'infissione diretta del tronco di base nel blocco di calcestruzzo.

Le torri sono costituite da vari tronchi da unire sul luogo di installazione con il metodo di "sovrapposizione ad incastro". Le forze di innesto da applicare sono indicate nel disegno di insieme della struttura.

2.3.2 Geometria della struttura

Sezione trasversale : POLIGONO REGOLARE DI 16 LATI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tronco	Diam. testa [mm]	Diam. base [mm]	Lunghezza [mm]	Innesto [mm]	Spessore [mm]
1	550.0	742.9	10650.0	1300	5.00
2	707.1	900.0	10650.0	0	5.00

2.3.3 Qualità dei materiali adottati

Tronchi	Flange	Tirafondi
S 355 UNI EN 10025	S 355 UNI EN 10025	S 355 UNI EN 10025
ReH 355 N/mm ² Rm 470-630 N/mm ² E 210000 N/mm ²	ReH 345 N/mm ² Rm 470-630 N/mm ² E 210000 N/mm ²	ReH 345 N/mm ² Rm 470-630 N/mm ² E 210000 N/mm ²

2.3.4 Pressopiegatura

Gli elementi strutturali principali detti tronchi sono realizzati in gusci di lamiera piegati a formare un poligono regolare. I gusci sono saldati longitudinalmente a formare i tronchi stessi. La pressopiegatura della lamiera avviene nel rispetto dei raggi di curvatura minimi prescritti dalle norme UNI EN 10025.

2.3.5 Metodo di calcolo

La capacità resistente delle sezioni viene valutata nei confronti delle sollecitazioni combinate di trazione o compressione, flessione, taglio e torsione; con il Metodo elastico (E). Si assume un comportamento elastico lineare del materiale, sino al raggiungimento della condizione di snervamento.

L'analisi globale della struttura è condotta con il Metodo elastico (E). Si valutano gli effetti delle azioni nell'ipotesi che il legame tensione-deformazione del materiale sia indefinitamente lineare.

Il calcolo delle sollecitazioni viene eseguito considerando i carichi statici specificati nei punti successivi. L'analisi viene condotta tenendo in considerazione degli effetti del II ordine. La soluzione viene ricercata adottando un modello di trave alla Eulero-Bernoulli ed un metodo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

solutivo alla Newton-Raphson.

2.3.6 Tensioni

Il valore delle sollecitazioni massime viene determinato mediante la relazione dettata dal criterio di Von Mises nel punto ove le tensioni sono massime.

Le combinazioni utilizzate per la verifica strutturale sono:

Combinazione di carico n°1

Lo stato limite ultimo (vento con tempo di ritorno 50 anni + ghiaccio sugli apparati).

Combinazione di carico n°2

Lo stato limite di servizio con vento costante lungo tutta l'altezza.

Combinazione di carico n°3

Lo stato limite per combinazioni di progetto sismico (pesi propri + carichi permanenti + sisma).

Mentre le tensioni ammesse lungo il fusto vengono calcolate secondo le UNI UNV 1993-1-3 in base al rapporto lato - spessore della sezione in esame, adottando sempre il modulo di inerzia minimo.

2.3.7 Combinazione di carico n°1

2.3.7.1 Zona di vento e relativi carichi

Zona di installazione : 4 ; Categoria di esposizione = 2

Quota sul livello del mare \leq 500 m ; Quota della base dal terreno = 0.00 m

Velocità base del vento per la zona = 28.00 m/sec

Pressione di riferimento = 490.0 N/mq

Coeff. di esposizione (=ce) variabile con l'altezza come da D.M. del 14/01/2008

Coeff. di forma (=cf) variabile con il diametro come da D.M. del 14/01/2008

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.7.2 Calcolo del coefficiente dinamico -cd-

Il coefficiente dinamico viene determinato sulla base della UNI EN 1991-2-4

$$CD(\text{comb. n}^{\circ}1) = 1.16$$

tale valore incrementa la pressione del vento su tutta la struttura.

2.3.7.3 Carichi concentrati

Sono costituiti dalle aree esposte al vento degli accessori, proiettori, antenne o carpenterie.

Collocate alla quota dal suolo H e soggette alla corrispondente pressione indicata nell'ultima colonna.

Livello	H [m]	Superficie [m2]	Ecc. [mm]	Carico verticale [N]	Ecc. [mm]	Pressione [N/m2]
1.00	20.00	7.00	0.00	15000.00	0.00	1376.9

2.3.7.4 Carichi verticali distribuiti

Sono costituiti dal peso proprio approssimato della torre, della scala e dei terrazzini di riposo se presenti.

Peso approssimato della torre = 18557.8 [N]

Peso degli accessori continui (scale, piani di lavoro ..) = 157.0 [N/m]

2.3.7.5 Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto

Sono costituiti dalle aree esposte al vento dei tronchi, della scala e dei terrazzini di riposo (se presenti). Queste aree vengono suddivise in segmenti di lunghezza pari agli elementi finiti di calcolo.

Il carico orizzontale di vento viene determinato, per ogni sezione considerata, in base alla relazione:

$$Q = (\text{Pressione di riferimento}) * C_e * C_f * C_d \text{ [N/mq]}$$

La sagoma della scala viene valutata con un'area esposta pari a

Area = 0.350 mq/m comprensivo di Coefficiente di forma

NOTA: L'eccentricità dei carichi verticali è riferita all'asse della torre. In presenza di scala, questa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

produce torsione sul fusto oltre che momenti secondari.

2.3.7.6 Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:

Tronco	Nodo	H [mm]	Diam. in faccia [mm]	Diam. in spigolo [mm]	l. FEM [mm]	Ce	Q [N/m2]	Coeff. di forma
1	1	20000	539.4	550.0	623	2.81	1376.9	0.70
1	2	19377	550.5	561.3	623	2.79	1366.3	0.70
1	3	18753	561.6	572.6	623	2.77	1355.3	0.70
1	4	18130	572.7	583.9	623	2.74	1344.1	0.70
1	5	17507	583.7	595.2	623	2.72	1332.5	0.70
1	6	16883	594.8	606.4	623	2.69	1320.5	0.70
1	7	16260	605.9	617.7	623	2.67	1308.1	0.70
1	8	15637	616.9	629.0	623	2.64	1295.3	0.70
1	9	15013	628.0	640.3	623	2.62	1282.0	0.70
1	10	14390	639.1	651.6	623	2.59	1268.3	0.70
1	11	13767	650.2	662.9	623	2.56	1253.9	0.70
1	12	13143	661.2	674.2	623	2.53	1239.0	0.70
1	13	12520	672.3	685.5	623	2.50	1223.5	0.70
1	14	11897	683.4	696.8	623	2.46	1207.2	0.70
1	15	11273	694.5	708.1	623	2.43	1190.2	0.70
1	16	10650	705.5	719.3	623	2.39	1172.3	0.70
2	17	9984	705.3	719.2	623	2.35	1152.1	0.70
2	18	9319	717.2	731.2	623	2.31	1130.7	0.70
2	19	8653	729.0	743.3	623	2.26	1108.0	0.70
2	20	7988	740.8	755.3	623	2.21	1083.6	0.70
2	21	7322	752.6	767.4	623	2.16	1057.3	0.70
2	22	6656	764.5	779.4	623	2.10	1028.9	0.70
2	23	5991	776.3	791.5	623	2.04	997.8	0.70
2	24	5325	788.1	803.6	623	1.97	963.5	0.70
2	25	4659	799.9	815.6	623	1.89	925.2	0.70
2	26	3994	811.8	827.7	623	1.80	882.3	0.70
2	27	3328	823.6	839.7	623	1.80	882.3	0.70
2	28	2663	835.4	851.8	623	1.80	882.3	0.70
2	29	1997	847.2	863.8	623	1.80	882.3	0.70
2	30	1331	859.1	875.9	623	1.80	882.3	0.70
2	31	666	870.9	887.9	623	1.80	882.3	0.70
2	32	0	882.7	900.0	623	1.80	882.3	0.70

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.7.7 Tabella delle azioni interne

Nodo	Carico verticale [N]	Ty [N]	Mx [Nmm]	Tx [N]	My [Nmm]	Mt [Nmm]
2	20170	17906	11570208	0	-101568	219770
3	20850	18998	23833627	0	-204514	440723
4	21542	20093	36790708	0	-308828	662763
5	22244	21189	50441570	0	-414499	885789
6	22958	22288	64785987	0	-521517	1109695
7	23683	23388	79823367	0	-629871	1334368
8	24418	24488	95552735	0	-739550	1559689
9	25165	25589	111972714	0	-850544	1785530
10	25922	26689	129081501	0	-962843	2011755
11	26691	27787	146876840	0	-1076437	2238220
12	27471	28884	165355993	0	-1191315	2464767
13	28261	29978	184515709	0	-1307466	2691290
14	29063	31069	204352184	0	-1424881	2917426
15	29876	32155	224861016	0	-1543548	3143159
16	32129	33237	246059035	0	-1663592	3368212
17	33009	34384	269448492	0	-1785052	3607559
18	33901	35511	293574143	0	-1906381	3842749
19	34805	36628	318426915	0	-2028979	4076287
20	35722	37733	343996489	0	-2152834	4307780
21	36652	38824	370271142	0	-2277934	4536778
22	37594	39899	397237546	0	-2404267	4762765
23	38549	40955	424880502	0	-2531822	4985140
24	39516	41988	453182609	0	-2660586	5203193
25	40496	42995	482123767	0	-2790548	5416067
26	41488	43970	511680520	0	-2921694	5622707
27	42493	44909	541825528	0	-3054012	5821870
28	43511	45856	572561608	0	-3187499	6023151
29	44541	46812	603891543	0	-3322113	6226551
30	45583	47776	635818083	0	-3457869	6432068
31	46638	48748	668343946	0	-3594746	6639704
32	47706	49729	701471815	0	-3732730	6849458

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.7.8 Tabella descrittiva delle tensioni

Nodo	Sezione [mm ²]	W min [mm ³]	Jt [mm ⁴]	Sig. amm. [N/mm ²]	% Uso
2	8681	1165808	657676299	338	0.04
3	8857	1213831	698291126	338	0.07
4	9033	1262823	740544547	338	0.09
5	9209	1312785	784468966	338	0.12
6	9385	1363716	830096790	338	0.15
7	9562	1415617	877460422	338	0.17
8	9738	1468487	926592266	338	0.20
9	9914	1522326	977524728	338	0.23
10	10090	1577135	1030290213	338	0.25
11	10266	1632913	1084921124	338	0.27
12	10443	1689661	1141449867	338	0.30
13	10619	1747378	1199908847	338	0.32
14	10795	1806064	1260330467	338	0.34
15	10971	1865720	1322747133	338	0.36
16	11147	1926345	1387191249	338	0.39
17	11145	1925374	1386150838	338	0.42
18	11333	1991166	1457207118	338	0.44
19	11521	2058063	1530651118	338	0.47
20	11709	2126066	1606522296	338	0.49
21	11897	2195175	1684860110	338	0.51
22	12085	2265388	1765704019	338	0.53
23	12274	2336708	1849093479	338	0.55
24	12462	2409132	1935067950	338	0.57
25	12593	2432854	1938220597	338	0.60
26	12682	2502493	2010549540	338	0.61
27	12768	2573301	2084131787	338	0.63
28	12851	2645310	2158967375	338	0.65
29	12932	2718553	2235056338	338	0.67
30	13011	2793063	2312398708	338	0.68
31	13088	2868873	2390994514	338	0.70
32	13162	2946018	2470843786	338	0.72

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.7.9 Frecce e rotazioni massime

Tronco	Nodo	H [mm]	Freccia totale [mm]	Rotazione totale
1	1	20000	406	1.87°
1	2	19377	386	1.86°
1	3	18753	366	1.85°
1	4	18130	345	1.84°
1	5	17507	326	1.82°
1	6	16883	306	1.80°
1	7	16260	287	1.77°
1	8	15637	267	1.73°
1	9	15013	249	1.70°
1	10	14390	231	1.66°
1	11	13767	213	1.61°
1	12	13143	195	1.57°
1	13	12520	179	1.51°
1	14	11897	163	1.46°
1	15	11273	147	1.40°
1	16	10650	132	1.35°
2	17	9984	117	1.28°
2	18	9319	102	1.20°
2	19	8653	89	1.13°
2	20	7988	76	1.05°
2	21	7322	64	0.98°
2	22	6656	53	0.90°
2	23	5991	44	0.81°
2	24	5325	35	0.73°
2	25	4659	27	0.64°
2	26	3994	20	0.56°
2	27	3328	14	0.47°
2	28	2663	9	0.38°
2	29	1997	5	0.28°
2	30	1331	2	0.19°
2	31	666	1	0.10°
2	32	0	0	0.00°

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.8 Combinazione di carico n°2

2.3.8.1 Zona di vento e relativi carichi

Zona di installazione generica con vento costante.

Quota della base dal terreno = 0.00 m

Velocità base del vento per la zona = 27.78 m/sec

Pressione di riferimento = 482.3 N/mq

Coeff. di esposizione (=ce) costante con l'altezza e pari a 1.

Coeff. di forma (=cf) variabile con il diametro come da D.M. del 14/01/2008

2.3.8.2 Carichi concentrati

Sono costituiti dalle aree esposte al vento degli accessori, proiettori, antenne o carpenterie.

Collocate alla quota dal suolo H e soggette alla corrispondente pressione indicata nell'ultima colonna.

Livello	H [m]	Superficie [m2]	Ecc. [mm]	Carico verticale [N]	Ecc. [mm]	Pressione [N/m2]
1.00	20.00	6.50	0.00	15000.00	0.00	473.0

2.3.8.3 Carichi verticali distribuiti

Sono costituiti dal peso proprio approssimato della torre, della scala e dei terrazzini di riposo se presenti

Peso approssimato della torre = 18557.8 [N]

Peso degli accessori continui (scale, piani di lavoro ..) = 157.0 [N/m]

2.3.8.4 Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto

Sono costituiti dalle aree esposte al vento dei tronchi, della scala e dei terrazzini di riposo (se presenti). Queste aree vengono suddivise in segmenti di lunghezza pari agli elementi finiti di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

calcolo.

Il carico orizzontale di vento viene determinato, per ogni sezione considerata, in base alla relazione:

$$Q = (\text{Pressione di riferimento}) * C_e * C_f * C_d \text{ [N/mq]}$$

La sagoma della scala viene valutata con un'area esposta pari a Area = 0.196 mq/m comprensivo di Coefficiente di forma

NOTA: L'eccentricità dei carichi verticali è riferita all'asse della torre. In presenza di scala, questa produce torsione sul fusto oltre che momenti secondari.

2.3.8.5 Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:

Tronco	Nodo	H [mm]	Diam. in faccia [mm]	Diam. in spigolo [mm]	l. FEM [mm]	Ce	Q [N/m2]	Coeff. di forma
1	1	20000	539.4	550.0	623	1.00	473.0	0.70
1	2	19377	550.5	561.3	623	1.00	473.0	0.70
1	3	18753	561.6	572.6	623	1.00	473.0	0.70
1	4	18130	572.7	583.9	623	1.00	473.0	0.70
1	5	17507	583.7	595.2	623	1.00	473.0	0.70
1	6	16883	594.8	606.4	623	1.00	473.0	0.70
1	7	16260	605.9	617.7	623	1.00	473.0	0.70
1	8	15637	616.9	629.0	623	1.00	473.0	0.70
1	9	15013	628.0	640.3	623	1.00	473.0	0.70
1	10	14390	639.1	651.6	623	1.00	473.0	0.70
1	11	13767	650.2	662.9	623	1.00	473.0	0.70
1	12	13143	661.2	674.2	623	1.00	473.0	0.70
1	13	12520	672.3	685.5	623	1.00	473.0	0.70
1	14	11897	683.4	696.8	623	1.00	473.0	0.70
1	15	11273	694.5	708.1	623	1.00	473.0	0.70
1	16	10650	705.5	719.3	623	1.00	473.0	0.70
2	17	9984	705.3	719.2	623	1.00	473.0	0.70
2	18	9319	717.2	731.2	623	1.00	473.0	0.70
2	19	8653	729.0	743.3	623	1.00	473.0	0.70
2	20	7988	740.8	755.3	623	1.00	473.0	0.70
2	21	7322	752.6	767.4	623	1.00	473.0	0.70
2	22	6656	764.5	779.4	623	1.00	473.0	0.70
2	23	5991	776.3	791.5	623	1.00	473.0	0.70
2	24	5325	788.1	803.6	623	1.00	473.0	0.70
2	25	4659	799.9	815.6	623	1.00	473.0	0.70
2	26	3994	811.8	827.7	623	1.00	473.0	0.70
2	27	3328	823.6	839.7	623	1.00	473.0	0.70
2	28	2663	835.4	851.8	623	1.00	473.0	0.70
2	29	1997	847.2	863.8	623	1.00	473.0	0.70
2	30	1331	859.1	875.9	623	1.00	473.0	0.70
2	31	666	870.9	887.9	623	1.00	473.0	0.70
2	32	0	882.7	900.0	623	1.00	473.0	0.70

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.8.6 Tabella delle azioni interne

Nodo	Carico verticale [N]	Ty [N]	Mx [Nmm]	Tx [N]	My [Nmm]	Mt [Nmm]
2	15515	3245	2078645	0	-67273	24255
3	16039	3417	4265858	0	-135453	48829
4	16571	3591	6562896	0	-204534	73724
5	17111	3767	8971012	0	-274512	98939
6	17660	3945	11491452	0	-345380	124473
7	18217	4125	14125457	0	-417134	150328
8	18783	4308	16874263	0	-489768	176502
9	19358	4493	19739099	0	-563277	202996
10	19940	4681	22721191	0	-637656	229811
11	20532	4870	25821756	0	-712899	256945
12	21131	5062	29042008	0	-789001	284399
13	21740	5257	32383156	0	-865958	312173
14	22356	5453	35846401	0	-943763	340267
15	22981	5652	39432942	0	-1022411	368681
16	24715	5853	43146937	0	-1101965	397415
17	25391	6070	47256065	0	-1182446	428440
18	26077	6287	51507812	0	-1262857	459460
19	26773	6507	55903591	0	-1344133	490844
20	27479	6729	60444812	0	-1426270	522593
21	28194	6954	65132877	0	-1509260	554708
22	28918	7182	69969182	0	-1593097	587187
23	29653	7412	74955118	0	-1677776	620030
24	30397	7644	80092070	0	-1763291	653239
25	31151	7880	85381409	0	-1849634	686812
26	31914	8118	90824491	0	-1936801	720751
27	32687	8358	96422658	0	-2024784	755054
28	33470	8601	102177243	0	-2113577	789722
29	34262	8847	108089573	0	-2203173	824754
30	35064	9095	114160966	0	-2293565	860152
31	35876	9346	120392733	0	-2384748	895914
32	36697	9600	126786178	0	-2476714	932041

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.8.7 Tabella descrittiva delle tensioni

Nodo	Sezione [mm ²]	W min [mm ³]	Jt [mm ⁴]	Sig. amm. [N/mm ²]	% Uso
2	8681	1165808	657676299	338	0.01
3	8857	1213831	698291126	338	0.02
4	9033	1262823	740544547	338	0.02
5	9209	1312785	784468966	338	0.03
6	9385	1363716	830096790	338	0.03
7	9562	1415617	877460422	338	0.04
8	9738	1468487	926592266	338	0.04
9	9914	1522326	977524728	338	0.04
10	10090	1577135	1030290213	338	0.05
11	10266	1632913	1084921124	338	0.05
12	10443	1689661	1141449867	338	0.06
13	10619	1747378	1199908847	338	0.06
14	10795	1806064	1260330467	338	0.06
15	10971	1865720	1322747133	338	0.07
16	11147	1926345	1387191249	338	0.07
17	11145	1925374	1386150838	338	0.08
18	11333	1991166	1457207118	338	0.08
19	11521	2058063	1530651118	338	0.09
20	11709	2126066	1606522296	338	0.09
21	11897	2195175	1684860110	338	0.09
22	12085	2265388	1765704019	338	0.10
23	12274	2336708	1849093479	338	0.10
24	12462	2409132	1935067950	338	0.11
25	12593	2432854	1938220597	338	0.11
26	12682	2502493	2010549540	338	0.11
27	12768	2573301	2084131787	338	0.12
28	12851	2645310	2158967375	338	0.12
29	12932	2718553	2235056338	338	0.13
30	13011	2793063	2312398708	338	0.13
31	13088	2868873	2390994514	338	0.13
32	13162	2946018	2470843786	338	0.14

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.8.8 Frecce e rotazioni massime

Tronco	Nodo	H [mm]	Freccia totale [mm]	Rotazione totale
1	1	20000	72	0.33°
1	2	19377	68	0.33°
1	3	18753	65	0.33°
1	4	18130	61	0.33°
1	5	17507	58	0.32°
1	6	16883	54	0.32°
1	7	16260	51	0.31°
1	8	15637	48	0.31°
1	9	15013	44	0.30°
1	10	14390	41	0.29°
1	11	13767	38	0.29°
1	12	13143	35	0.28°
1	13	12520	32	0.27°
1	14	11897	29	0.26°
1	15	11273	26	0.25°
1	16	10650	24	0.24°
2	17	9984	21	0.23°
2	18	9319	18	0.21°
2	19	8653	16	0.20°
2	20	7988	14	0.19°
2	21	7322	12	0.17°
2	22	6656	10	0.16°
2	23	5991	8	0.15°
2	24	5325	6	0.13°
2	25	4659	5	0.12°
2	26	3994	4	0.10°
2	27	3328	2	0.08°
2	28	2663	2	0.07°
2	29	1997	1	0.05°
2	30	1331	0	0.03°
2	31	666	0	0.02°
2	32	0	0	0.00°

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.9 Combinazione di carico n°3

2.3.9.1 Verifica sismica - analisi statica

Le strutture in lamiera presso-piegata oggetto della presente relazione di calcolo, ai fini sismici, sono assimilate a mensola o pendolo inverso.

Il comportamento strutturale a cui si fa riferimento è quello non dissipativo.

Il presente calcolo si basa sui parametri sismici caratteristici del territorio di installazione (Long: 15,662° - Lat: 38.111°) desunti dal programma edito dal Ministero dei LL.PP.

Di seguito sono elencati i dati di progetto sismici con cui la presente struttura è calcolata.

Classe d'uso = IV - Coefficiente d'uso CU = 2

Vita nominale VN \geq 100 anni - Periodo di riferimento VR = VN x CU = 200 anni.

Calcolo secondo lo stato limite di collasso (STC) con TR = 2475 anni

Parametri di pericolosità sismica per TR: $a_g = 0.512$ - $F_0 = 2.512$ - TC

* = 0.442

F = 0.95 [1/s] la frequenza del primo modo nella condizione corrente.

S = 1.20 - Categoria topografica T2, Categoria sottosuolo C.

$\eta = 1.00$ fattore che altera lo spettro elastico.

TB = 0.20 ; TC = 0.61 ; TD = 3.65

Se(T) = 0.89 ordinata dello spettro di risposta di progetto

La presente relazione non effettua la verifica della forzante in direzione assiale in quanto le sollecitazioni sono trascurabili.

Il vento nella condizione sismica viene considerato assente.

2.3.9.2 Carichi concentrati

Sono costituiti dalle aree esposte al vento degli accessori, proiettori, antenne o carpenterie.

Collocate alla quota dal suolo H e soggette alla corrispondente pressione indicata nell'ultima colonna.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Livello	H [m]	Superficie [m2]	Ecc. [mm]	Carico verticale [N]	Ecc. [mm]	Pressione [N/m2]
1.00	20.00	6.50	0.00	15000.00	0.00	0.0

2.3.9.3 Carichi verticali distribuiti

Sono costituiti dal peso proprio approssimato della torre, della scala e dei terrazzini di riposo se presenti

Peso approssimato della torre = 18557.8 [N]

Peso degli accessori continui (scale, piani di lavoro ..) = 157.0 [N/m]

2.3.9.4 Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto

Sono costituiti dalle aree esposte al vento dei tronchi, della scala e dei terrazzini di riposo (se presenti). Queste aree vengono suddivise in segmenti di lunghezza pari agli elementi finiti di calcolo.

Il carico orizzontale di vento viene determinato, per ogni sezione considerata, in base alla relazione:

$$Q = (\text{Pressione di riferimento}) \cdot C_e \cdot C_f \cdot C_d \text{ [N/mq]}$$

La sagoma della scala viene valutata con un'area esposta pari a

Area = 0.196 mq/m comprensivo di Coefficiente di forma

NOTA: L'eccentricità dei carichi verticali è riferita all'asse della torre. In presenza di scala, questa produce torsione sul fusto oltre che momenti secondari.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.9.5 Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:

Tronco	Nodo	H [mm]	Diam. in faccia [mm]	Diam. in spigolo [mm]	l. FEM [mm]	Ce	Q [N/m ²]	Coeff. di forma
1	1	20000	539.4	550.0	623	1.00	0.0	1.00
1	2	19377	550.5	561.3	623	1.00	0.0	1.00
1	3	18753	561.6	572.6	623	1.00	0.0	1.00
1	4	18130	572.7	583.9	623	1.00	0.0	1.00
1	5	17507	583.7	595.2	623	1.00	0.0	1.00
1	6	16883	594.8	606.4	623	1.00	0.0	1.00
1	7	16260	605.9	617.7	623	1.00	0.0	1.00
1	8	15637	616.9	629.0	623	1.00	0.0	1.00
1	9	15013	628.0	640.3	623	1.00	0.0	1.00
1	10	14390	639.1	651.6	623	1.00	0.0	1.00
1	11	13767	650.2	662.9	623	1.00	0.0	1.00
1	12	13143	661.2	674.2	623	1.00	0.0	1.00
1	13	12520	672.3	685.5	623	1.00	0.0	1.00
1	14	11897	683.4	696.8	623	1.00	0.0	1.00
1	15	11273	694.5	708.1	623	1.00	0.0	1.00
1	16	10650	705.5	719.3	623	1.00	0.0	1.00
2	17	9984	705.3	719.2	623	1.00	0.0	1.00
2	18	9319	717.2	731.2	623	1.00	0.0	1.00
2	19	8653	729.0	743.3	623	1.00	0.0	1.00
2	20	7988	740.8	755.3	623	1.00	0.0	1.00
2	21	7322	752.6	767.4	623	1.00	0.0	1.00
2	22	6656	764.5	779.4	623	1.00	0.0	1.00
2	23	5991	776.3	791.5	623	1.00	0.0	1.00
2	24	5325	788.1	803.6	623	1.00	0.0	1.00
2	25	4659	799.9	815.6	623	1.00	0.0	1.00
2	26	3994	811.8	827.7	623	1.00	0.0	1.00
2	27	3328	823.6	839.7	623	1.00	0.0	1.00
2	28	2663	835.4	851.8	623	1.00	0.0	1.00
2	29	1997	847.2	863.8	623	1.00	0.0	1.00
2	30	1331	859.1	875.9	623	1.00	0.0	1.00
2	31	666	870.9	887.9	623	1.00	0.0	1.00
2	32	0	882.7	900.0	623	1.00	0.0	1.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.9.6 Tabella delle azioni interne

Nodo	N [N]	Ty [N]	Mx [Nmm]	Tx [N]	My [Nmm]	Mt [Nmm]
2	15515	13761	8788522	0	-67273	0
3	16039	14225	17872790	0	-135453	0
4	16571	14697	27256784	0	-204534	0
5	17111	15176	36944472	0	-274512	0
6	17660	15663	46939811	0	-345380	0
7	18217	16157	57246748	0	-417134	0
8	18783	16659	67869219	0	-489768	0
9	19358	17168	78811148	0	-563277	0
10	19940	17685	90076447	0	-637656	0
11	20532	18209	101669016	0	-712899	0
12	21131	18741	113592744	0	-789001	0
13	21740	19280	125851506	0	-865958	0
14	22356	19826	138449168	0	-943763	0
15	22981	20380	151389581	0	-1022411	0
16	24715	21917	165295344	0	-1101965	0
17	25391	22517	180538094	0	-1182446	0
18	26077	23125	196178161	0	-1262857	0
19	26773	23741	212220067	0	-1344133	0
20	27479	24366	228668320	0	-1426270	0
21	28194	25000	245527416	0	-1509260	0
22	28918	25642	262801834	0	-1593097	0
23	29653	26293	280496043	0	-1677776	0
24	30397	26952	298614497	0	-1763291	0
25	31151	27620	317161614	0	-1849634	0
26	31914	28296	336141752	0	-1936801	0
27	32687	28981	355559232	0	-2024784	0
28	33470	29674	375418356	0	-2113577	0
29	34262	30376	395723401	0	-2203173	0
30	35064	31086	416478626	0	-2293565	0
31	35876	31805	437688268	0	-2384748	0
32	36697	32533	459356545	0	-2476714	0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.9.7 Tabella descrittiva delle tensioni

Nodo	Sezione [mm ²]	W min [mm ³]	Jt [mm ⁴]	Sig. amm. [N/mm ²]	% Uso
2	8681	1165808	657676299	338	0.03
3	8857	1213831	698291126	338	0.05
4	9033	1262823	740544547	338	0.07
5	9209	1312785	784468966	338	0.09
6	9385	1363716	830096790	338	0.11
7	9562	1415617	877460422	338	0.13
8	9738	1468487	926592266	338	0.14
9	9914	1522326	977524728	338	0.16
10	10090	1577135	1030290213	338	0.17
11	10266	1632913	1084921124	338	0.19
12	10443	1689661	1141449867	338	0.20
13	10619	1747378	1199908847	338	0.22
14	10795	1806064	1260330467	338	0.23
15	10971	1865720	1322747133	338	0.25
16	11147	1926345	1387191249	338	0.26
17	11145	1925374	1386150838	338	0.28
18	11333	1991166	1457207118	338	0.30
19	11521	2058063	1530651118	338	0.31
20	11709	2126066	1606522296	338	0.33
21	11897	2195175	1684860110	338	0.34
22	12085	2265388	1765704019	338	0.35
23	12274	2336708	1849093479	338	0.36
24	12462	2409132	1935067950	338	0.37
25	12593	2432854	1938220597	338	0.39
26	12682	2502493	2010549540	338	0.40
27	12768	2573301	2084131787	338	0.42
28	12851	2645310	2158967375	338	0.43
29	12932	2718553	2235056338	338	0.44
30	13011	2793063	2312398708	338	0.45
31	13088	2868873	2390994514	338	0.46
32	13162	2946018	2470843786	338	0.47

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.9.8 Frecce e rotazioni massime

Tronco	Nodo	H [mm]	Freccia totale [mm]	Rotazione totale
1	1	20000	269	1.25°
1	2	19377	256	1.25°
1	3	18753	242	1.24°
1	4	18130	229	1.23°
1	5	17507	215	1.22°
1	6	16883	202	1.20°
1	7	16260	189	1.18°
1	8	15637	177	1.15°
1	9	15013	164	1.13°
1	10	14390	152	1.10°
1	11	13767	140	1.07°
1	12	13143	129	1.04°
1	13	12520	118	1.00°
1	14	11897	107	0.97°
1	15	11273	97	0.93°
1	16	10650	87	0.89°
2	17	9984	77	0.84°
2	18	9319	67	0.79°
2	19	8653	58	0.74°
2	20	7988	50	0.69°
2	21	7322	42	0.64°
2	22	6656	35	0.59°
2	23	5991	29	0.53°
2	24	5325	23	0.48°
2	25	4659	17	0.42°
2	26	3994	13	0.36°
2	27	3328	9	0.31°
2	28	2663	6	0.25°
2	29	1997	3	0.19°
2	30	1331	1	0.12°
2	31	666	0	0.06°
2	32	0	0	0.00°

2.3.10 Analisi sul fenomeno del distacco dei vortici

Lo studio del distacco dei vortici viene condotto secondo i criteri dell'eurocodice 1: UNI EN 1991-2-4-2005.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nell'annesso (E) vengono precisati due metodi per individuare fenomeni pericolosi indotti dal distacco dei vortici.

In questa sezione saranno adottati entrambi i criteri con l'obiettivo di stabilire se il distacco di vortici induce nella struttura, rispetto al primo modo di vibrare, delle deflessioni significative.

Nell'eventualità che gli spostamenti indotti siano significativi si procede ad una verifica statica ed una verifica a fatica.

Si stabilisce, convenzionalmente, che il valore significativo della freccia indotta dal distacco dei vortici sia pari ad 1/50 dell'altezza della struttura. Oltre tale valore si ritiene che le tensioni indotte dagli effetti di Von Karman, combinati alla fatica possano essere pericolosi per la struttura. Si precisa inoltre che le scale o i cavi esterni alla struttura di norma rompono la simmetria radiale della stessa annullando quasi totalmente il fenomeno.

Per la torre della presente relazione la freccia minima di pericolo per distacco dei vortici vale: 400.0 mm.

Verifica con metodo 1 (paragrafo E.1.5.2)

Coefficiente di Stouhall	St = 0.20
Numero di Scruton	Sc = 16.63
Frequenza del primo modo [s]	f = 0.95
Diametro medio [m]	b = 0.72
Fattore modale	K = 0.13
Fattore per lunghezza di correlazione	Kw = 0.60
Coefficiente di forza laterale	C = 0.70
y(F,max) secondo la (E.7) [mm]	y = 59.53

Verifica con metodo 2 (paragrafo E.1.5.3)

Deviazione standard della freccia	Sigma(y) = 0.17
Fattore di picco	Kp = 1.66
y(F,max) secondo la (E.13) [mm]	y = 283.80

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Visti i valori di freccia non sono necessarie ulteriori verifiche per fenomeni conseguenti al distacco dei vortici.

2.3.11 Forze agenti alla base della torre inclusi i coefficienti parziali di sicurezza

CONDIZIONE n. = 1 Carico verticale = 47706 [N] Taglio principale = 49729 [N] Momento principale = 701471815 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 3732730 [Nmm] Torsione = 6849458 [Nmm] CONDIZIONE n. = 2 Carico verticale = 36697 [N] Taglio principale = 9600 [N] Momento principale = 126786178 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 2476714 [Nmm] Torsione = 932041 [Nmm]	CONDIZIONE n. = 3 Carico verticale = 36697 [N] Taglio principale = 32533 [N] Momento principale = 459356545 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 2476714 [Nmm] Torsione = 0 [Nmm]
--	--

2.3.12 Forze agenti sulla fondazione senza coefficienti parziali di sicurezza

CONDIZIONE n. = 1 Carico verticale = 36697 [N] Taglio principale = 33153 [N] Momento principale = 467647877 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 2488486 [Nmm] Torsione = 4566305 [Nmm] CONDIZIONE n. = 2 Carico verticale = 36697 [N] Taglio principale = 9600 [N] Momento principale = 126786178 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 2476714 [Nmm] Torsione = 932041 [Nmm]	CONDIZIONE n. = 3 Carico verticale = 36697 [N] Taglio principale = 32533 [N] Momento principale = 459356545 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 2476714 [Nmm] Torsione = 0 [Nmm]
--	--

La combinazione di carico più gravosa per la verifica della fondazione è la n.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3.13 Verifica dei tirafondi: tronco n°2

La tensione nei tirafondi è valutata considerando tutti i carichi simultaneamente.

La verifica dei tirafondi di fondazione è eseguita in accordo alle seguenti formule:

$$\sigma = \frac{Mr \cdot 4}{Atir \cdot D \cdot Ntir} Klev + \frac{Vert}{Ntir \cdot Atir}$$

$$\tau = \frac{Mt \cdot 2}{Atir \cdot D \cdot Ntir} + \frac{Tr}{Ntir \cdot Atir}$$

$$\frac{\sigma}{1.4F_{t,Rd}} + \frac{\tau}{F_{v,Rd}} \leq 1$$

Ove

Mr : momento flettente risultante - Vert : carichi verticali

Mt : momento torcente - Tr : taglio risultante

Ntir: Numero dei tirafondi = 24 [mm] - Diametro dei tirafondi = 30.0 [mm]

D: Cerchio dei tirafondi = 1000.0 [mm] - Klev = effetto leva di norma =1

Sezione resistente dei tirafondi = 561.0 [mm²]

Sezione resistente del cerchio dei tirafondi = 13464.0 [mm²]

Modulo di resistenza del cerchio dei tirafondi = 3366000.0 [mm³]

Materiale dei tirafondi : S 355 UNI EN 10025

Tensione assiale dei tirafondi nella condizione peggiorativa= 211.9 [N/mm²]

Tensione tagliante dei tirafondi nella condizione peggiorativa= 4.7 [N/mm²]

Tensione limite assiale dei tirafondi = 352.8 [N/mm²]

Tensione limite tagliante dei tirafondi = 252.0 [N/mm²]

Rapporto di utilizzo = 0.61 <= 1.00

La coppia di serraggio vista la presenza del controdado antisvitamento può essere limitata

a = 471.2 [N/m]

2.3.14 Verifica dell'ancoraggio dei tirafondi

Il programma sulla base della scelta del tirafondo e del tipo di ancoraggio procede ad una verifica

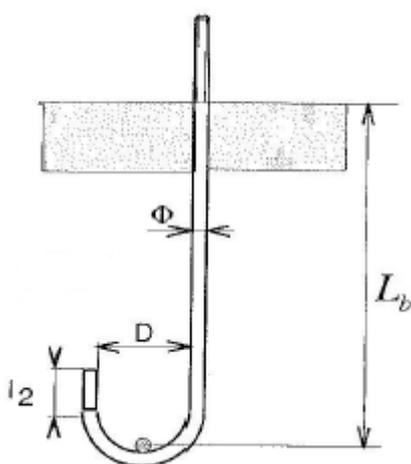
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dello sfilamento partendo dalle dimensioni del tirafondo standard e del tipo di calcestruzzo.

Classe minima del calcestruzzo C25/30: $R_{ck} = 25$ [N/mm²]

Aderenza tra calcestruzzo e barre lisce $f_{bd} = 1.20$ [N/mm²]

Tirafondo con barra liscia piegata ad uncino



Lunghezza del tratto annegato del tirafondo = 820 [mm]

Al netto della parte filettata.

Il criterio di trasformazione del dispositivo di ancoraggio in uno sviluppo fittizio è dedotto dal documento CTIM e dalle EN 50341.

$$F_{a,Rd} = \pi \cdot \Phi \cdot L_b \cdot f_{bd}$$

$$L_b = (l_1 + 3,2D + 3,5l_2)$$

Sviluppo di calcolo della barra $L_b = 1711$ [mm]

Tiro ultimo del tirafondo $F_{a,Rd} = 193122$ [N]

Tiro corrente nel tirafondo = 118901 [N]

Rapporto di utilizzo = 0.62 [%]

Non sussiste pertanto rischio di sfilamento del tirafondo.

2.3.15 Verifica della flangia di base: condizione peggiorativa

Il dispositivo di fissaggio alla fondazione è costituito da un anello circolare saldato al palo ed opportunamente forato al fine di inserirvi i tirafondi. La flangia è rinforzata da un gruppo di nervature saldate alla flangia e al palo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le tensioni nella flangia di base sono calcolate considerando un settore dell'anello incastrato dalla base del palo e dalle nervature, soggetto ad un carico verticale concentrato, equivalente alle tensioni di trazione nei tirafondi interclusi tra le nervature.

Spessore della piastra di base = 40.0 [mm]

Diametro esterno della flangia = 1100.0 [mm]

Percentuale di utilizzo della flangia = 0.36 <= 1.00

N. 12 nervature spessore = 5.00 [mm]

Tensione limite nella flangia = 338.1 [N/mm²]

2.4 Palo per il sostegno delle telecamere

2.4.1 Tipologia Palo

- Accesso alle apparecchiature con scala di risalita.
- Altezza fuori terra del palo in opera = 10.00 m
- Numero dei tronchi costituenti il palo = 1
- Dispositivo di attacco alla fondazione: con piastra di base e tirafondi

Il palo è dedicato al sostegno di massimo n. 2 telecamere installate sulla piattaforma in sommità.

2.4.2 Geometria della struttura

Sezione trasversale : POLIGONO REGOLARE DI 16 LATI

Tronco	Diam. testa [mm]	Diam. base [mm]	Lunghezza [mm]	Innesto [mm]	Spessore [mm]
1	180.0	295.4	10000.0	0	4.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.3 Qualità dei materiali adottati

Tronchi	Flange	Tirafondi
S 355 UNI EN 10025	S 355 UNI EN 10025	S 355 UNI EN 10025
ReH 355 N/mm ² Rm 470-630 N/mm ² E 210000 N/mm ²	ReH 345 N/mm ² Rm 470-630 N/mm ² E 210000 N/mm ²	ReH 345 N/mm ² Rm 470-630 N/mm ² E 210000 N/mm ²

2.4.4 Pressopiegatura

Gli elementi strutturali principali detti tronchi sono realizzati in gusci di lamiera piegati a formare un poligono regolare. I gusci sono saldati longitudinalmente a formare i tronchi stessi. La pressopiegatura della lamiera avviene nel rispetto dei raggi di curvatura minimi prescritti dalle norme UNI EN 10025.

2.4.5 Metodo di calcolo

La capacità resistente delle sezioni viene valutata nei confronti delle sollecitazioni combinate di trazione o compressione, flessione, taglio e torsione; con il Metodo elastico (E). Si assume un comportamento elastico lineare del materiale, sino al raggiungimento della condizione di snervamento.

L'analisi globale della struttura è condotta con il Metodo elastico (E). Si valutano gli effetti delle azioni nell'ipotesi che il legame tensione-deformazione del materiale sia indefinitamente lineare.

Il calcolo delle sollecitazioni viene eseguito considerando i carichi statici specificati nei punti successivi. L'analisi viene condotta tenendo in considerazione degli effetti del II ordine. La soluzione viene ricercata adottando un modello di trave alla Eulero-Bernoulli ed un metodo solutivo alla Newton-Raphson.

2.4.6 Tensioni

Il valore delle sollecitazioni massime viene determinato mediante la relazione dettata dal criterio di Von Mises nel punto ove le tensioni sono massime.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le combinazioni utilizzate per la verifica strutturale sono:

Combinazione di carico n°1

Lo stato limite ultimo (vento con tempo di ritorno 50 anni + ghiaccio sugli apparati).

Combinazione di carico n°2

Lo stato limite di servizio con vento costante lungo tutta l'altezza.

Combinazione di carico n°3

Lo stato limite per combinazioni di progetto sismico (pesi propri + carichi permanenti + sisma)[2.5.5]:

Mentre le tensioni ammesse lungo il fusto vengono calcolate secondo le UNI UNV 1993-1-3 in base al rapporto lato - spessore della sezione in esame, adottando sempre il modulo di inerzia minimo.

2.4.7 Combinazione di carico n°1

2.4.7.1 Zona di vento e relativi carichi

Zona di installazione : 4 ; Categoria di esposizione = 2

Quota sul livello del mare \leq 500 m ; Quota della base dal terreno = 0.00 m

Velocità base del vento per la zona = 28.00 m/sec

Pressione di riferimento = 490.0 N/mq

Coeff. di esposizione (=ce) variabile con l'altezza come da D.M. del 14/01/2008

Coeff. di forma (=cf) variabile con il diametro come da D.M. del 14/01/2008

2.4.7.2 Calcolo del coefficiente dinamico -cd-

Il coefficiente dinamico viene determinato sulla base della UNI EN 1991-2-4

CD(comb. n°1) = 1.18

tale valore incrementa la pressione del vento su tutta la struttura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.7.3 Carichi concentrati

Sono costituiti dalle aree esposte al vento degli accessori, proiettori, antenne o carpenterie. Collocate alla quota dal suolo H e soggette alla corrispondente pressione indicata nell'ultima colonna.

Livello	H [m]	Superficie [m2]	Ecc. [mm]	Carico verticale [N]	Ecc. [mm]	Pressione [N/m2]
1.00	10.00	1.50	0.00	2000.00	0.00	1152.6

2.4.7.4 Carichi verticali distribuiti

Sono costituiti dal peso proprio approssimato della torre, della scala e dei terrazzini di riposo se presenti

Peso approssimato della torre = 2271.4 [N]

Peso degli accessori continui (scale, piani di lavoro ..) = 157.0 [N/m]

2.4.7.5 Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto

Sono costituiti dalle aree esposte al vento dei tronchi, della scala e dei terrazzini di riposo (se presenti). Queste aree vengono suddivise in segmenti di lunghezza pari agli elementi finiti di calcolo.

Il carico orizzontale di vento viene determinato, per ogni sezione considerata, in base alla relazione:

$$Q = (\text{Pressione di riferimento}) \cdot C_e \cdot C_f \cdot C_d \text{ [N/mq]}$$

La sagoma della scala viene valutata con un'area esposta pari a:

Area = 0.144 mq/m comprensivo di Coefficiente di forma

NOTA: L'eccentricità dei carichi verticali è riferita all'asse della torre. In presenza di scala, questa produce torsione sul fusto oltre che momenti secondari.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.7.6 Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:

Tronco	Nodo	H [mm]	Diam. in faccia [mm]	Diam. in spigolo [mm]	l. FEM [mm]	Ce	Q [N/m ²]	Coeff. di forma
1	1	10000	176.5	180.0	400	2.35	1152.6	0.70
1	2	9600	181.1	184.6	400	2.33	1139.9	0.70
1	3	9200	185.6	189.2	400	2.30	1126.8	0.70
1	4	8800	190.1	193.8	400	2.27	1113.1	0.70
1	5	8400	194.7	198.5	400	2.24	1098.9	0.70
1	6	8000	199.2	203.1	400	2.21	1084.0	0.70
1	7	7600	203.7	207.7	400	2.18	1068.5	0.70
1	8	7200	208.2	212.3	400	2.15	1052.3	0.70
1	9	6800	212.8	216.9	400	2.11	1035.2	0.70
1	10	6400	217.3	221.5	400	2.08	1017.2	0.70
1	11	6000	221.8	226.2	400	2.04	998.2	0.70
1	12	5600	226.3	230.8	400	2.00	978.1	0.70
1	13	5200	230.9	235.4	400	1.95	956.6	0.70
1	14	4800	235.4	240.0	400	1.91	933.7	0.70
1	15	4400	239.9	244.6	400	1.86	909.0	0.70
1	16	4000	244.5	249.2	400	1.80	882.3	0.70
1	17	3600	249.0	253.9	400	1.80	882.3	0.70
1	18	3200	253.5	258.5	400	1.80	882.3	0.70
1	19	2800	258.0	263.1	400	1.80	882.3	0.70
1	20	2400	262.6	267.7	400	1.80	882.3	0.70
1	21	2000	267.1	272.3	400	1.80	882.3	0.70
1	22	1600	271.6	276.9	400	1.80	882.3	0.70
1	23	1200	276.1	281.6	400	1.80	882.3	0.70
1	24	800	280.7	286.2	400	1.80	882.3	0.70
1	25	400	285.2	290.8	400	1.80	882.3	0.70
1	26	0	289.7	295.4	400	1.80	882.3	0.70

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.7.7 Tabella delle azioni interne

Nodo	N [N]	Ty [N]	Mx [Nmm]	Tx [N]	My [Nmm]	Mt [Nmm]
2	2772	3282	1368894	0	-58023	27985
3	2946	3500	2828455	0	-116678	55924
4	3123	3719	4378350	0	-175951	83802
5	3302	3937	6018153	0	-235828	111598
6	3483	4155	7747342	0	-296295	139292
7	3667	4373	9565296	0	-357335	166862
8	3853	4590	11471289	0	-418934	194283
9	4041	4805	13464486	0	-481075	221531
10	4231	5020	15543935	0	-543744	248575
11	4424	5233	17708562	0	-606925	275384
12	4619	5444	19957157	0	-670603	301923
13	4817	5653	22288363	0	-734760	328152
14	5016	5860	24700660	0	-799383	354026
15	5218	6064	27192348	0	-864455	379495
16	5423	6264	29761519	0	-929962	404500
17	5629	6461	32406029	0	-995886	428973
18	5838	6659	35126088	0	-1062215	453650
19	6050	6859	37921896	0	-1128931	478530
20	6263	7062	40793645	0	-1196020	503614
21	6479	7266	43741522	0	-1263468	528901
22	6697	7472	46765705	0	-1331259	554391
23	6918	7680	49866368	0	-1399378	580086
24	7141	7890	53043678	0	-1467812	605983
25	7366	8102	56297796	0	-1536545	632084
26	7593	8316	59628878	0	-1605563	658389

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.7.8 Tabella descrittiva delle tensioni

Nodo	Sezione [mm ²]	W min [mm ³]	Jt [mm ⁴]	Sig. amm. [N/mm ²]	% Uso
2	2254	97017	18476088	338	0.05
3	2312	102096	19907879	338	0.09
4	2369	107303	21411789	338	0.12
5	2427	112641	22989591	338	0.16
6	2485	118108	24643055	338	0.20
7	2542	123705	26373954	338	0.23
8	2600	129431	28184060	338	0.27
9	2658	135287	30075144	338	0.30
10	2715	141273	32048980	338	0.33
11	2773	147388	34107338	338	0.36
12	2830	153633	36251991	338	0.39
13	2888	160008	38484710	338	0.42
14	2946	166512	40807268	338	0.44
15	3003	173146	43221436	338	0.47
16	3061	179909	45728987	338	0.49
17	3119	186803	48331692	338	0.52
18	3176	193825	51031324	338	0.54
19	3234	200978	53829654	338	0.56
20	3292	208260	56728454	338	0.59
21	3349	215672	59729496	338	0.61
22	3407	223213	62834553	338	0.63
23	3464	230884	66045395	338	0.65
24	3522	238685	69363796	338	0.66
25	3580	246615	72791527	338	0.68
26	3637	254675	76330360	338	0.70

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.7.9 Frecce e rotazioni massime

Tronco	Nodo	H [mm]	Freccia totale [mm]	Rotazione totale
1	1	10000	312	2.91°
1	2	9600	292	2.90°
1	3	9200	272	2.88°
1	4	8800	252	2.84°
1	5	8400	232	2.79°
1	6	8000	213	2.73°
1	7	7600	194	2.65°
1	8	7200	176	2.57°
1	9	6800	159	2.47°
1	10	6400	142	2.37°
1	11	6000	125	2.26°
1	12	5600	110	2.14°
1	13	5200	96	2.01°
1	14	4800	82	1.88°
1	15	4400	69	1.75°
1	16	4000	58	1.60°
1	17	3600	47	1.46°
1	18	3200	37	1.31°
1	19	2800	29	1.15°
1	20	2400	21	1.00°
1	21	2000	15	0.84°
1	22	1600	10	0.67°
1	23	1200	5	0.51°
1	24	800	2	0.34°
1	25	400	1	0.17°
1	26	0	0	0.00°

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.8 Combinazione di carico n°2

2.4.8.1 Zona di vento e relativi carichi

Zona di installazione generica con vento costante.

Quota della base dal terreno = 0.00 m

Velocità base del vento per la zona = 27.78 m/sec

Pressione di riferimento = 482.3 N/mq

Coeff. di esposizione (=ce) costante con l'altezza e pari a 1.

Coeff. di forma (=cf) variabile con il diametro come da D.M. del 14/01/2008

2.4.8.2 Carichi concentrati

Sono costituiti dalle aree esposte al vento degli accessori, proiettori, antenne o carpenterie.

Collocate alla quota dal suolo H e soggette alla corrispondente pressione indicata nell'ultima colonna.

Livello	H [m]	Superficie [m2]	Ecc. [mm]	Carico verticale [N]	Ecc. [mm]	Pressione [N/m2]
1.00	10.00	1.50	0.00	2000.00	0.00	473.0

2.4.8.3 Carichi verticali distribuiti

Sono costituiti dal peso proprio approssimato della torre, della scala e dei terrazzini di riposo se presenti.

Peso approssimato della torre = 2271.4 [N]

Peso degli accessori continui (scale, piani di lavoro ..) = 157.0 [N/m]

2.4.8.4 Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto

Sono costituiti dalle aree esposte al vento dei tronchi, della scala e dei terrazzini di riposo (se presenti). Queste aree vengono suddivise in segmenti di lunghezza pari agli elementi finiti di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

calcolo.

Il carico orizzontale di vento viene determinato, per ogni sezione considerata, in base alla relazione:

$$Q = (\text{Pressione di riferimento}) * C_e * C_f * C_d \text{ [N/mq]}$$

La sagoma della scala viene valutata con un'area esposta pari a:

Area = 0.144 mq/m comprensivo di Coefficiente di forma

NOTA: L'eccentricità dei carichi verticali è riferita all'asse della torre. In presenza di scala, questa produce torsione sul fusto oltre che momenti secondari.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.8.5 Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:

Tronco	Nodo	H [mm]	Diam. in faccia [mm]	Diam. in spigolo [mm]	l. FEM [mm]	Ce	Q [N/m ²]	Coeff. di forma
1	1	10000	176.5	180.0	400	1.00	473.0	0.77
1	2	9600	181.1	184.6	400	1.00	473.0	0.75
1	3	9200	185.6	189.2	400	1.00	473.0	0.72
1	4	8800	190.1	193.8	400	1.00	473.0	0.70
1	5	8400	194.7	198.5	400	1.00	473.0	0.70
1	6	8000	199.2	203.1	400	1.00	473.0	0.70
1	7	7600	203.7	207.7	400	1.00	473.0	0.70
1	8	7200	208.2	212.3	400	1.00	473.0	0.70
1	9	6800	212.8	216.9	400	1.00	473.0	0.70
1	10	6400	217.3	221.5	400	1.00	473.0	0.70
1	11	6000	221.8	226.2	400	1.00	473.0	0.70
1	12	5600	226.3	230.8	400	1.00	473.0	0.70
1	13	5200	230.9	235.4	400	1.00	473.0	0.70
1	14	4800	235.4	240.0	400	1.00	473.0	0.70
1	15	4400	239.9	244.6	400	1.00	473.0	0.70
1	16	4000	244.5	249.2	400	1.00	473.0	0.70
1	17	3600	249.0	253.9	400	1.00	473.0	0.70
1	18	3200	253.5	258.5	400	1.00	473.0	0.70
1	19	2800	258.0	263.1	400	1.00	473.0	0.70
1	20	2400	262.6	267.7	400	1.00	473.0	0.70
1	21	2000	267.1	272.3	400	1.00	473.0	0.70
1	22	1600	271.6	276.9	400	1.00	473.0	0.70
1	23	1200	276.1	281.6	400	1.00	473.0	0.70
1	24	800	280.7	286.2	400	1.00	473.0	0.70
1	25	400	285.2	290.8	400	1.00	473.0	0.70
1	26	0	289.7	295.4	400	1.00	473.0	0.70

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.8.6 Tabella delle azioni interne

Nodo	N [N]	Ty [N]	Mx [Nmm]	Tx [N]	My [Nmm]	Mt [Nmm]
2	2132	763	315577	0	-38371	6492
3	2266	816	652894	0	-77147	13045
4	2402	869	1011785	0	-116322	19660
5	2540	921	1392060	0	-155888	26337
6	2679	974	1793954	0	-195838	33075
7	2821	1028	2217634	0	-236163	39875
8	2963	1082	2663262	0	-276857	46737
9	3108	1137	3130995	0	-317911	53660
10	3255	1192	3620988	0	-359317	60646
11	3403	1248	4133391	0	-401069	67692
12	3553	1305	4668353	0	-443157	74801
13	3705	1362	5226017	0	-485574	81971
14	3859	1420	5806524	0	-528312	89203
15	4014	1478	6410013	0	-571364	96496
16	4171	1537	7036620	0	-614721	103851
17	4330	1597	7686478	0	-658375	111268
18	4491	1657	8359719	0	-702320	118746
19	4654	1718	9056471	0	-746546	126287
20	4818	1779	9776860	0	-791048	133888
21	4984	1841	10521011	0	-835816	141552
22	5152	1904	11289046	0	-880844	149277
23	5321	1967	12081087	0	-926124	157064
24	5493	2030	12897251	0	-971648	164912
25	5666	2095	13737655	0	-1017410	172823
26	5841	2160	14602415	0	-1063401	180794

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.8.7 Tabella descrittiva delle tensioni

Nodo	Sezione [mm ²]	W min [mm ³]	Jt [mm ⁴]	Sig. amm. [N/mm ²]	% Uso
2	2254	97017	18476088	338	0.01
3	2312	102096	19907879	338	0.02
4	2369	107303	21411789	338	0.03
5	2427	112641	22989591	338	0.04
6	2485	118108	24643055	338	0.05
7	2542	123705	26373954	338	0.06
8	2600	129431	28184060	338	0.06
9	2658	135287	30075144	338	0.07
10	2715	141273	32048980	338	0.08
11	2773	147388	34107338	338	0.09
12	2830	153633	36251991	338	0.09
13	2888	160008	38484710	338	0.10
14	2946	166512	40807268	338	0.11
15	3003	173146	43221436	338	0.11
16	3061	179909	45728987	338	0.12
17	3119	186803	48331692	338	0.13
18	3176	193825	51031324	338	0.13
19	3234	200978	53829654	338	0.14
20	3292	208260	56728454	338	0.14
21	3349	215672	59729496	338	0.15
22	3407	223213	62834553	338	0.15
23	3464	230884	66045395	338	0.16
24	3522	238685	69363796	338	0.16
25	3580	246615	72791527	338	0.17
26	3637	254675	76330360	338	0.17

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.8.8 Frecce e rotazioni massime

Tronco	Nodo	H [mm]	Freccia totale [mm]	Rotazione totale
1	1	10000	75	0.69°
1	2	9600	70	0.69°
1	3	9200	65	0.68°
1	4	8800	60	0.68°
1	5	8400	56	0.66°
1	6	8000	51	0.65°
1	7	7600	47	0.63°
1	8	7200	42	0.61°
1	9	6800	38	0.59°
1	10	6400	34	0.57°
1	11	6000	30	0.54°
1	12	5600	27	0.51°
1	13	5200	23	0.48°
1	14	4800	20	0.45°
1	15	4400	17	0.42°
1	16	4000	14	0.39°
1	17	3600	11	0.35°
1	18	3200	9	0.32°
1	19	2800	7	0.28°
1	20	2400	5	0.24°
1	21	2000	4	0.20°
1	22	1600	2	0.16°
1	23	1200	1	0.12°
1	24	800	1	0.08°
1	25	400	0	0.04°
1	26	0	0	0.00°

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.9 Combinazione di carico n°3

2.4.9.1 Verifica sismica - Analisi statica

Le strutture in lamiera presso-piegata oggetto della presente relazione di calcolo, ai fini sismici, sono assimilate a mensola o pendolo inverso.

Il comportamento strutturale a cui si fa riferimento è quello non dissipativo.

Il presente calcolo si basa sui parametri sismici caratteristici del territorio di installazione (long: 15.662° - lat: 38.111°) desunti dal programma edito dal Ministero dei LL.PP.

Di seguito sono elencati i dati di progetto sismici con cui la presente struttura è calcolata:

Classe d'uso = 4 - Coefficiente d'uso CU = 2.0

Vita nominale VN \geq 100 anni - Periodo di riferimento VR = VN x CU = 200 anni.

Calcolo secondo lo stato limite di collasso (STC) con TR = 2475 anni

Parametri di pericolosità sismica per TR: $a_g = 0.512$ - $F_0 = 2.512$ - $TC^* = 0.442$

$F = 1.16$ [1/s] la frequenza del primo modo nella condizione corrente.

$S = 1.20$ - Categoria topografica T2, Categoria sottosuolo C.

$\eta = 1.00$ fattore che altera lo spettro elastico.

TB = 0.20 ; TC = 0.61 ; TD = 3.65

Se(T) = 1.09 ordinata dello spettro di risposta di progetto

La presente relazione non effettua la verifica della forzante in direzione assiale in quanto le sollecitazioni sono trascurabili.

Il vento nella condizione sismica viene considerato assente.

2.4.9.2 Carichi concentrati

Sono costituiti dalle aree esposte al vento degli accessori, proiettori, antenne o carpenterie.

Collocate alla quota dal suolo H e soggette alla corrispondente pressione indicata nell'ultima colonna.

Livello	H [m]	Superficie [m ²]	Ecc. [mm]	Carico verticale [N]	Ecc. [mm]	Pressione [N/m ²]
1.00	10.00	1.50	0.00	2000.00	0.00	0.0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.9.3 Carichi verticali distribuiti

Sono costituiti dal peso proprio approssimato della torre, della scala e dei terrazzini di riposo se presenti.

Peso approssimato della torre = 2271.4 [N]

Peso degli accessori continui (scale, piani di lavoro ..) = 157.0 [N/m]

2.4.9.4 Carichi orizzontali distribuiti lungo il fusto

Sono costituiti dalla aree esposte al vento dei tronchi, della scala e dei terrazzini di riposo (se presenti). Queste aree vengono suddivise in segmenti di lunghezza pari agli elementi finiti di calcolo.

Il carico orizzontale di vento viene determinato, per ogni sezione considerata, in base alla relazione:

$$Q = (\text{Pressione di riferimento}) * C_e * C_f * C_d \text{ [N/mq]}$$

La sagoma della scala viene valutata con un'area esposta pari a:

Area = 0.144 mq/m comprensivo di Coefficiente di forma

NOTA: L'eccentricità dei carichi verticali è riferita all'asse della torre. In presenza di scala, questa produce torsione sul fusto oltre che momenti secondari.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.9.5 Tabella descrittiva delle sezioni e delle azioni esterne:

Tronco	Nodo	H [mm]	Diam. in faccia [mm]	Diam. in spigolo [mm]	l. FEM [mm]	Ce	Q [N/m ²]	Coeff. di forma
1	1	10000	176.5	180.0	400	1.00	0.0	1.00
1	2	9600	181.1	184.6	400	1.00	0.0	1.00
1	3	9200	185.6	189.2	400	1.00	0.0	1.00
1	4	8800	190.1	193.8	400	1.00	0.0	1.00
1	5	8400	194.7	198.5	400	1.00	0.0	1.00
1	6	8000	199.2	203.1	400	1.00	0.0	1.00
1	7	7600	203.7	207.7	400	1.00	0.0	1.00
1	8	7200	208.2	212.3	400	1.00	0.0	1.00
1	9	6800	212.8	216.9	400	1.00	0.0	1.00
1	10	6400	217.3	221.5	400	1.00	0.0	1.00
1	11	6000	221.8	226.2	400	1.00	0.0	1.00
1	12	5600	226.3	230.8	400	1.00	0.0	1.00
1	13	5200	230.9	235.4	400	1.00	0.0	1.00
1	14	4800	235.4	240.0	400	1.00	0.0	1.00
1	15	4400	239.9	244.6	400	1.00	0.0	1.00
1	16	4000	244.5	249.2	400	1.00	0.0	1.00
1	17	3600	249.0	253.9	400	1.00	0.0	1.00
1	18	3200	253.5	258.5	400	1.00	0.0	1.00
1	19	2800	258.0	263.1	400	1.00	0.0	1.00
1	20	2400	262.6	267.7	400	1.00	0.0	1.00
1	21	2000	267.1	272.3	400	1.00	0.0	1.00
1	22	1600	271.6	276.9	400	1.00	0.0	1.00
1	23	1200	276.1	281.6	400	1.00	0.0	1.00
1	24	800	280.7	286.2	400	1.00	0.0	1.00
1	25	400	285.2	290.8	400	1.00	0.0	1.00
1	26	0	289.7	295.4	400	1.00	0.0	1.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.9.6 Tabella delle azioni interne

Nodo	N [N]	Ty [N]	Mx [Nmm]	Tx [N]	My [Nmm]	Mt [Nmm]
2	2132	2319	958414	0	-38371	0
3	2266	2465	1976910	0	-77147	0
4	2402	2613	3056081	0	-116322	0
5	2540	2763	4196508	0	-155888	0
6	2679	2914	5398756	0	-195838	0
7	2821	3068	6663377	0	-236163	0
8	2963	3223	7990911	0	-276857	0
9	3108	3381	9381886	0	-317911	0
10	3255	3540	10836822	0	-359317	0
11	3403	3701	12356225	0	-401069	0
12	3553	3864	13940593	0	-443157	0
13	3705	4029	15590417	0	-485574	0
14	3859	4196	17306177	0	-528312	0
15	4014	4365	19088345	0	-571364	0
16	4171	4536	20937388	0	-614721	0
17	4330	4708	22853763	0	-658375	0
18	4491	4883	24837923	0	-702320	0
19	4654	5059	26890310	0	-746546	0
20	4818	5238	29011365	0	-791048	0
21	4984	5418	31201520	0	-835816	0
22	5152	5600	33461201	0	-880844	0
23	5321	5784	35790830	0	-926124	0
24	5493	5971	38190823	0	-971648	0
25	5666	6159	40661590	0	-1017410	0
26	5841	6348	43203539	0	-1063401	0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.9.7 Tabella descrittiva delle tensioni

Nodo	Sezione [mm ²]	W min [mm ³]	Jt [mm ⁴]	Sig. amm. [N/mm ²]	% Uso
2	2254	97017	18476088	338	0.03
3	2312	102096	19907879	338	0.06
4	2369	107303	21411789	338	0.09
5	2427	112641	22989591	338	0.11
6	2485	118108	24643055	338	0.14
7	2542	123705	26373954	338	0.16
8	2600	129431	28184060	338	0.19
9	2658	135287	30075144	338	0.21
10	2715	141273	32048980	338	0.23
11	2773	147388	34107338	338	0.25
12	2830	153633	36251991	338	0.27
13	2888	160008	38484710	338	0.29
14	2946	166512	40807268	338	0.31
15	3003	173146	43221436	338	0.33
16	3061	179909	45728987	338	0.35
17	3119	186803	48331692	338	0.37
18	3176	193825	51031324	338	0.38
19	3234	200978	53829654	338	0.40
20	3292	208260	56728454	338	0.42
21	3349	215672	59729496	338	0.43
22	3407	223213	62834553	338	0.45
23	3464	230884	66045395	338	0.46
24	3522	238685	69363796	338	0.48
25	3580	246615	72791527	338	0.49
26	3637	254675	76330360	338	0.51

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.9.8 Frecce e rotazioni massime

Tronco	Nodo	H [mm]	Freccia totale [mm]	Rotazione totale
1	1	10000	222	2.06°
1	2	9600	208	2.05°
1	3	9200	193	2.04°
1	4	8800	179	2.01°
1	5	8400	165	1.97°
1	6	8000	152	1.93°
1	7	7600	138	1.88°
1	8	7200	126	1.82°
1	9	6800	113	1.75°
1	10	6400	101	1.68°
1	11	6000	90	1.60°
1	12	5600	79	1.52°
1	13	5200	68	1.43°
1	14	4800	59	1.34°
1	15	4400	50	1.25°
1	16	4000	41	1.15°
1	17	3600	34	1.04°
1	18	3200	27	0.94°
1	19	2800	21	0.83°
1	20	2400	15	0.72°
1	21	2000	11	0.60°
1	22	1600	7	0.49°
1	23	1200	4	0.37°
1	24	800	2	0.25°
1	25	400	0	0.12°
1	26	0	0	0.00°

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4.10 Analisi sul fenomeno del distacco dei vortici

Lo studio del distacco dei vortici viene condotto secondo i criteri dell'eurocodice 1: UNI EN 1991-2-4-2005.

Nell'annesso (E) vengono precisati due metodi per individuare fenomeni pericolosi indotti dal distacco dei vortici.

In questa sezione saranno adottati entrambi i criteri con l'obiettivo di stabilire se il distacco di vortici induce nella struttura, rispetto al primo modo di vibrare, delle deflessioni significative.

Nell'eventualità che gli spostamenti indotti siano significativi si procede ad una verifica statica ed una verifica a fatica.

Si stabilisce, convenzionalmente, che il valore significativo della freccia indotta dal distacco dei vortici sia pari ad 1/50 dell'altezza della struttura. Oltre tale valore si ritiene che le tensioni indotte dagli effetti di Von Karman, combinati alla fatica possano essere pericolosi per la struttura. Si precisa inoltre che le scale o i cavi esterni alla struttura di norma rompono la simmetria radiale della stessa annullando quasi totalmente il fenomeno.

Per la torre della presente relazione la freccia minima di pericolo per distacco dei vortici vale: 200.0 mm.

Verifica con metodo 1 (paragrafo E.1.5.2)

Coefficiente di Stouhall	St = 0.20
Numero di Scruton	Sc = 15.96
Frequenza del primo modo [s]	f = 1.16
Diametro medio [m]	b = 0.24
Fattore modale	K = 0.13
Fattore per lunghezza di correlazione	Kw = 0.60
Coefficiente di forza laterale	C = 0.70
y(F,max) secondo la (E.7) [mm]	y = 20.33

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica con metodo 2 (paragrafo E.1.5.3)

Deviazione standard della freccia	Sigma(y) = 0.06
Fattore di picco	Kp = 1.62
y(F,max) secondo la (E.13) [mm]	y = 93.35

Visti i valori di freccia non sono necessarie ulteriori verifiche per fenomeni conseguenti al distacco dei vortici.

2.4.11 Forze agenti alla base della torre inclusi i coefficienti parziali di sicurezza

CONDIZIONE n. = 1 Carico verticale = 7593 [N] Taglio principale = 8316 [N] Momento principale = 59628878 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 1605563 [Nmm] Torsione = 658389 [Nmm]	CONDIZIONE n. = 3 Carico verticale = 5841 [N] Taglio principale = 6348 [N] Momento principale = 43203539 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 1063401 [Nmm] Torsione = 0 [Nmm]
CONDIZIONE n. = 2 Carico verticale = 5841 [N] Taglio principale = 2160 [N] Momento principale = 14602415 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 1063401 [Nmm] Torsione = 180794 [Nmm]	

2.4.12 Forze agenti sulla fondazione senza coefficienti parziali di sicurezza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CONDIZIONE n. = 1 Carico verticale = 5841 [N] Taglio principale = 5544 [N] Momento principale = 39752586 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 1070376 [Nmm] Torsione = 438926 [Nmm] CONDIZIONE n. = 2 Carico verticale = 5841 [N] Taglio principale = 2160 [N] Momento principale = 14602415 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 1063401 [Nmm] Torsione = 180794 [Nmm]	CONDIZIONE n. = 3 Carico verticale = 5841 [N] Taglio principale = 6348 [N] Momento principale = 43203539 [Nmm] Taglio secondario = 0 [N] Momento secondario = 1063401 [Nmm] Torsione = 0 [Nmm]
--	---

La combinazione di carico più gravosa per la verifica della fondazione è la n.1

2.4.13 Verifica dei tirafondi: tronco n°1

La tensione nei tirafondi è valutata considerando tutti i carichi simultaneamente.

La verifica dei tirafondi di fondazione è eseguita in accordo alle seguenti formule:

$$\sigma = \frac{Mr \cdot 4}{Atir \cdot D \cdot Ntir} Klev + \frac{Vert}{Ntir \cdot Atir}$$

$$\tau = \frac{Mt \cdot 2}{Atir \cdot D \cdot Ntir} + \frac{Tr}{Ntir \cdot Atir}$$

$$\frac{\sigma}{1.4F_{t,Rd}} + \frac{\tau}{F_{v,Rd}} \leq 1$$

Ove

Mr : momento flettente risultante - Vert: carichi verticali

Mt : momento torcente - Tr : taglio risultante

Ntir: Numero dei tirafondi = 16 [mm] - Diametro dei tirafondi = 24.0 [mm]

D: Cerchio dei tirafondi = 480.0 [mm] - Klev = effetto leva di norma =1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sezione resistente dei tirafondi = 353.0 [mm²]

Sezione resistente del cerchio dei tirafondi = 5648.0 [mm²]

Modulo di resistenza del cerchio dei tirafondi = 677760.0 [mm³]

Materiale dei tirafondi: S 355 UNI EN 10025

Tensione assiale dei tirafondi nella condizione peggiorativa= 89.4 [N/mm²]

Tensione tagliante dei tirafondi nella condizione peggiorativa= 2.0 [N/mm²]

Tensione limite assiale dei tirafondi = 352.8 [N/mm²]

Tensione limite tagliante dei tirafondi = 252.0 [N/mm²]

Rapporto di utilizzo = 0.26 <= 1.00

La coppia di serraggio vista la presenza del controdado antisvitamento può essere limitata a = 237.2 [N/m]

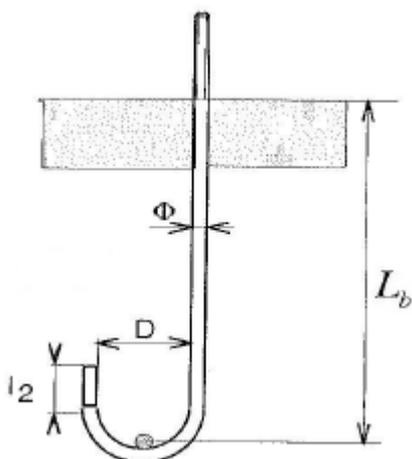
2.4.14 Verifica dell'ancoraggio dei tirafondi

Il programma sulla base della scelta del tirafondo e del tipo di ancoraggio procede ad una verifica dello sfilamento partendo dalle dimensioni del tirafondo standard e del tipo di calcestruzzo.

Classe minima del calcestruzzo C25/30: $R_{ck} = 25$ [N/mm²]

Aderenza tra calcestruzzo e barre lisce $f_{bd} = 1.20$ [N/mm²]

Tirafondo con barra liscia piegata ad uncino



Lunghezza del tratto annegato del tirafondo = 640 [mm]

Al netto della parte filettata.

Il criterio di trasformazione del dispositivo di ancoraggio in uno sviluppo fittizio è dedotto dal

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

documento CTIM e dalle EN 50341.

$$F_{a,Rd} = \pi \cdot \Phi \cdot L_b \cdot f_{bd}$$

$$L_b = (l_1 + 3,2D + 3,5l_2)$$

Sviluppo di calcolo della barra $L_b = 1353$ [mm]

Tiro ultimo del tirafondo $F_{a,Rd} = 122171$ [N]

Tiro corrente nel tirafondo = 31543 [N]

Rapporto di utilizzo = 0.26 [%]

Non sussiste pertanto rischio di sfilamento del tirafondo.

2.4.15 Verifica della flangia di base: condizione peggiorativa

Il dispositivo di fissaggio alla fondazione è costituito da un anello circolare saldato al palo ed opportunamente forato al fine di inserirvi i tirafondi. Le tensioni nella flangia di base sono calcolate considerando un anello incastrato alla base del palo e soggetto ad un carico verticale distribuito, equivalente alle tensioni di trazione nei tirafondi.

I coefficienti utili al calcolo sono presi dalla letteratura in particolare dal testo Sostegni tubolari in acciaio, Quattordio, Pitagora Editrice (BO). Numerose prove sono state condotte al fine di comprovare la validità del metodo. La formula per la valutazione dello spessore minimo è la seguente. Per la deduzione delle tensioni effettive viene calcolata invertendo la stessa formula.

$$S_{f,min} = K_{fla} K_{inc} \sqrt{\frac{\left(\frac{Mr}{Wp}\right) \cdot (Db - Sb) \cdot Sb}{f_{yk} / \gamma_m}}$$

$$K_{fla} = 0.45 + 0.12 \cdot \frac{D}{Db}$$

$$K_{inc} = 1.1$$

K_{inc} = coefficiente che tiene conto di eventuali imprecisioni di montaggio e delle semplificazioni introdotte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

K_{fla} = coefficiente che tiene conto del rapporto tra il cerchio di foratura dei tirafondi/viti ed il diametro del tronco.

M_r = risultante dei momenti alla sezione di incastro.

W_p = modulo di resistenza del tronco alla sezione di incastro.

D_p = diametro palo alla sezione di incastro. - S_p = spessore palo alla sezione di incastro.

f_{yk} = tensione di snervamento dell'acciaio della flangia.

gamma m = coefficiente parziale di sicurezza pari a 1.05

Spessore minimo della piastra di base = 22.3 [mm]

Spessore adottato per la piastra di base = 30.0 [mm]

Diametro esterno della flangia = 560.0 [mm]

Percentuale di utilizzo della flangia nella condizione più sfavorevole = 0.56 \leq 1.00

Tensione limite nella flangia = 276.0 [N/mm²]

2.5 Palo per illuminazione stradale

2.5.1 Descrizione dell'opera

La presente sezione della relazione è relativa al calcolo di verifica del palo di sostegno degli apparecchi di illuminazione esterna.

La verifica fa riferimento al palo collocato su rilevato caso in cui si registrano le azioni più significative. Infatti, rispetto agli altri casi previsti in progetto (palo collocato in piano o palo ubicati in trincea) il palo su rilevato risulta caratterizzato, a parità di apparecchio illuminante e sbraccio, da una maggiore altezza fuori terra.

I pali di illuminazione sono di tipo conico, in lamiera di acciaio laminato a caldo, alti 10.5+0.80 m con diametro alla base (livello terreno) pari a $\phi 150 \times 4$ mm e in sommità pari a $\phi 90 \times 4$ mm. All'estremità superiore del palo viene fissato uno sbraccio lungo 2.00 m $\phi 90.3 \times 3$ mm, alzata 0.6m, per il supporto dell'apparecchio illuminante.

2.5.2 Codice di calcolo impiegato

Il calcolo viene condotto mediante un'analisi elastica lineare conforme al D.M. 14.01.2008.

Il calcolo della struttura è stato eseguito col programma agli elementi finiti MIDAS GEN 2010 (v.1.1) distribuito dalla CSPFEA di Este (Padova), licenza d'uso N. USGW001124.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo agli stati limite ultimo e di esercizio, DM 14.01.2008, EC3.

2.5.3 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

2.5.3.1 Peso proprio + Permanente

peso proprio palo (P1)	150	kg
peso proprio sbraccio (P2)	10	kg
peso proiettore (P3)	<u>16</u>	kg
Peso TOTALE (N)	176	kg

2.5.3.2 Azioni da neve

Dato il tipo di struttura l'azione dovuta alla neve è trascurabile.

2.5.3.3 Azioni da vento

Per quanto concerne l'azione del vento si è fatto riferimento ai seguenti valori:

- manufatto situato in zona 4
- classe di rugosità considerata è la D (aree prive di ostacoli)
- categoria II di esposizione del sito.
- $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$ - $a_0 = 500 \text{ m}$
- altitudine sul livello del mare $a_s < 500 \text{ m}$
- $v_b = v_{b,0}$ per $a_s < a_0$
- altezza del manufatto sul suolo $z = 11,1 \text{ m}$
- coefficiente di topografia $c_t = 1$

La pressione del vento sul palo è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

dove:

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 1/2 \times 1.25 \times 28^2 = 490 \text{ N/m}^2$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \text{ (densità dell'aria)}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$c_d = 1$ (coeff. dinamico)

$c_e = 2.41$ (coeff. di esposizione) $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$ ($z_{min}=4m$) $z_0 = 0.05$ m

- Coefficienti di forma del palo:

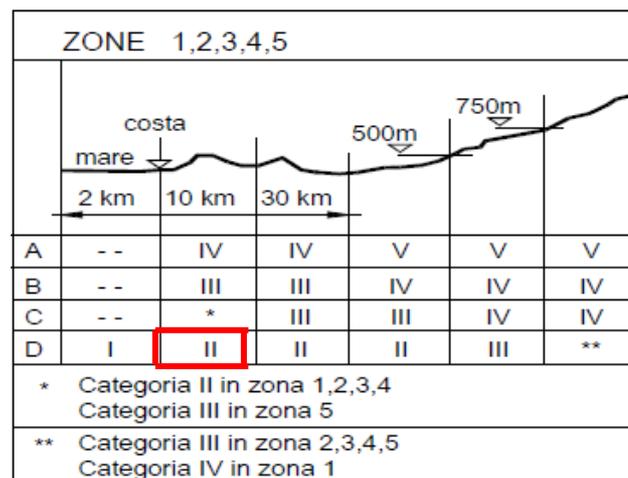
$$c_p = 1.783 - 0.263 d\sqrt{q} = 0.7 \quad \text{per } 2,2 < d\sqrt{q} < 4,2 \quad (d\sqrt{q} = 4.12)$$

$$d = (0.15 + 0.09)/2 = 0.12 \text{ m (diametro medio del palo)}$$

$$q = q_b c_e = 490 \times 2.41 = 1181 \text{ N/m}^2$$

- Coefficienti di forma dell'apparecchio

$$c_p = 1.8$$



CATEGORIA DI ESPOSIZIONE DEL SITO	k_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella – Parametri per coefficienti di esposizione

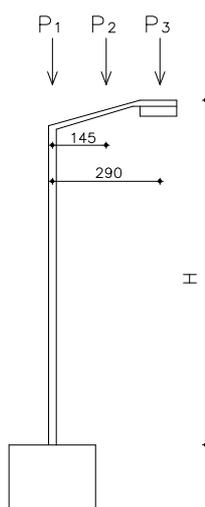
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO	DESCRIZIONE
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Tabella – Classi di rugosità del terreno

L'azione d'insieme del vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento.

Lo schema statico è riportato nella figura seguente:



Dove H vale 11,1 m ed il carico N vale 176 kg (ovvero pari al peso del palo P1=150 kg sommato al peso dello sbraccio P2=10 kg ed la peso dell'apparechio P3=16 kg)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il carico vento q_v (vento sul palo) vale:

$$q_v = q_b c_e c_p c_d d = 490 \times 2.41 \times 0.7 \times 1 \times 0.12 = 99 \text{ N/m (10 kg/m)}$$

mentre il carico vento F sull'apparecchio, avente una superficie esposta la vento di 0,08 mq, vale:

$$F = q_b c_e c_p c_d l = 490 \times 2.41 \times 1.8 \times 0.08 = 170 \text{ N (17 kg)}$$

2.5.3.4 Combinazione di carico statica (SLU)

Il carico assiale N vale:

$$N = \gamma_G N = 1.3 \times 176 = 229 \text{ kg (si considera il } \gamma_G = 1.3)$$

Il momento flettente alla base del palo dovuto al peso proprio

$$M_p = 1,3 \times (10 \times 1.45 + 16 \times 2.90) = 79 \text{ kgm}$$

La spinta del vento viene moltiplicata per $\gamma_Q = 1.5$. Si ricava pertanto un momento flettente alla base del palo:

$$M_v = 1.5 \times (q_v \times H^2 / 2 + F \times H) = 1.5 \times (10 \times 11.10^2 / 2 + 17 \times 11.10) = 1207 \text{ kgm}$$

Ne deriva che il momento risultante vale: $M = M_p + M_v = 79 + 1207 = 1286 \text{ kgm}$

Mentre lo sforzo di taglio risulta pari a:

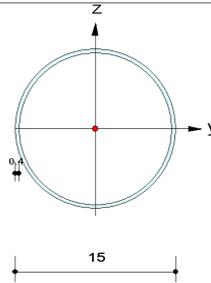
$$T = 1.5 \times (q_v \times H + F) = 1.5 \times (10 \times 11.10 + 17) = 192 \text{ kg}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0 <i>Data</i> 20/06/2011

2.5.4 Verifica del palo nei confronti dell'azione del vento

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
Unit System : kgf, cm
Member No : 1
Material : S275 (No:1)
(Fy = 2804.22, Es = 2141404)
Section Name : D150*4 (No:1)
(Built-up Section).
Member Length : 1110.00



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -229.00 (LCB: 13, POS:I)
Bending Moments My = 128555, Mz = 0.00000
End Moments Myi = 128555, Myj = 0.00000 (for Lb)
Myi = 128555, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)
Fzz = 192.001 (LCB: 1, POS:I)

Outer Dia.	15.0000	Wall Thick	0.40000
Area	18.3469	Asz	9.17345
Qyb	53.3300	Qzb	53.3300
Iyy	489.220	Izz	489.220
Ybar	7.50000	Zbar	7.50000
Wely	65.2293	Welz	65.2293
ry	5.16382	rz	5.16382

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1110.00, Lz = 1110.00, Lb = 1110.00
Effective Length Factors Ky = 2.00, Kz = 2.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 229.00/1916.87 = 0.119 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 128555/227770 = 0.564 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0/227770 = 0.000 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$R_{NRd} = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \Gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R_{NRd}, (R_{com} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.619 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.011 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.5 Azione sismica

L'azione sismica è calcolata mediante un'analisi statica lineare.

Parametri sismici:

- coordinate geografiche: Long. 15.662 Lat. 38.111
- vita nominale della costruzione $V_N \geq 50$ anni (opere ordinarie)
- classe d'uso: II ($C_U = 1$)
- periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N * C_U = 50$ anni
- Probabilità di superamento periodo di riferimento $P_{VR} = 10\%$
- Tempo di ritorno del sisma T_r (anni): 475 anni
- accelerazione orizzontale massima al sito a_g (vedi valore nella pagina seguente)
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro F_0 (vedi valore nella pagina seguente)
- Periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro T^*_c (vedi valore nella pagina seguente)
- Categoria del suolo C
- Categoria topografica T2
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica $SS = 1,31$
- Coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1$
- Fattore suolo $S = SS * ST = 1,31$
- Tipologia strutturale $q = 1$ (struttura non dissipativa)
- Coefficiente di smorzamento $\xi = 5\%$

Utilizzando un'analisi statica lineare si può valutare il periodo fondamentale di vibrazione del fabbricato con l'espressione (punto 7.3.3.2) del D.M. 14.01.2008:

$$T_1 = C_1 H^{3/4} = 0.52 \text{ s}$$

dove:

- $H = 11.10$ m (altezza del palo)
- $C_1 = 0,085$ (struttura a telaio in acciaio)

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_r	0.270 g
F_a	2.413
T_c	0.361 s
S_s	1.310
C_c	1.463
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.310
η	1.000
T_b	0.177 s
T_c	0.531 s
T_b	2.673 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_b \quad S_c(T) = a_r \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_c(T) = a_r \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_c(T) = a_r \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

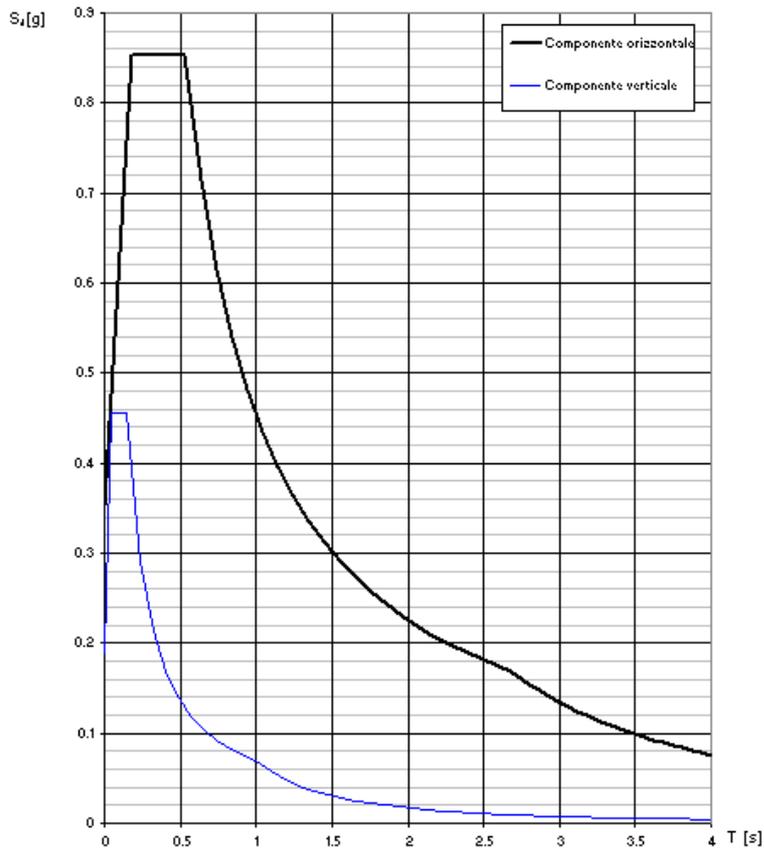
$$T_b \leq T \quad S_c(T) = a_r \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_b}{T^2} \right)$$

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 q 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	0.353
T_b	0.177	0.852
T_c	0.531	0.852
	0.633	0.715
	0.735	0.615
	0.838	0.540
	0.940	0.481
	1.042	0.434
	1.145	0.395
	1.247	0.363
	1.349	0.335
	1.451	0.312
	1.554	0.291
	1.656	0.273
	1.758	0.257
	1.861	0.243
	1.963	0.231
	2.065	0.219
	2.167	0.209
	2.270	0.199
	2.372	0.191
	2.474	0.183
	2.576	0.176
T_b	2.673	0.169
	2.742	0.161
	2.805	0.154
	2.868	0.147
	2.930	0.141
	2.993	0.135
	3.056	0.130
	3.119	0.125
	3.182	0.120
	3.245	0.115
	3.308	0.111
	3.371	0.107
	3.434	0.103
	3.497	0.099
	3.560	0.096
	3.623	0.092
	3.685	0.089
	3.748	0.086
	3.811	0.083
	3.874	0.081
	3.937	0.078
	4.000	0.076

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Si ricavano le seguenti sollecitazioni sismiche:

$$V1 = Se(T1) \cdot P1 = 0.852 \cdot 150 = 128 \text{ kg}$$

$$V2 = Se(T1) \cdot P2 = 0.852 \cdot 10 = 8.52 \text{ kg}$$

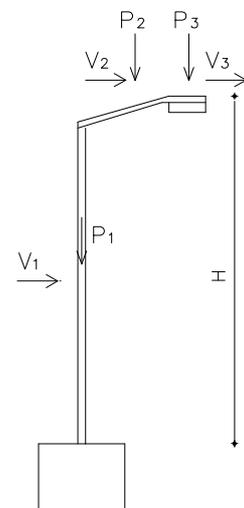
$$V3 = Se(T1) \cdot P3 = 0.852 \cdot 16 = 13.7 \text{ kg}$$

Il momento flettente alla base del palo dovuto al sisma M_s vale:

$$M_s = V1 \cdot xH/2 + (V2 + V3) \cdot xH = 128 \cdot 11.10/2 + (8.52 + 13.7) \cdot 11.10 = 957 \text{ kgm}$$

Mentre il carico assiale N vale:

$$N = \gamma_G N = 1 \cdot 176 = 176 \text{ kg (si considera il } \gamma_G = 1)$$

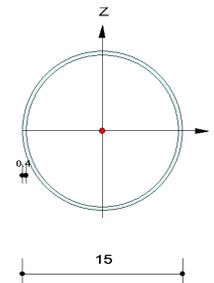


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.5.6 Verifica del palo nei confronti dell'azione sismica

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
Unit System : kgf, cm
Member No : 1
Material : S275 (No:1)
(Fy = 2804.22, Es = 2141404)
Section Name : D150*4 (No:1)
(Built-up Section).
Member Length : 1110.00



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -176.00 (LCB: 13, POS:I)
Bending Moments My = 95704.2, Mz = 0.00000
End Moments Myi = 95704.2, Myj = 0.00000 (for Lb)
Myi = 95704.2, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)
Fzz = 150.220 (LCB: 1, POS:I)

Outer Dia.	15.0000	Wall Thick	0.40000
Area	18.3469	Asz	9.17345
Qyb	53.3300	Qzb	53.3300
Iyy	489.220	Izz	489.220
Ybar	7.50000	Zbar	7.50000
Wely	65.2293	Welz	65.2293
ry	5.16382	rz	5.16382

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1110.00, Lz = 1110.00, Lb = 1110.00
Effective Length Factors Ky = 2.00, Kz = 2.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 176.00/1916.87 = 0.092 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 95704/227770 = 0.420 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0/227770 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, (R_{com} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.460 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.008 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6 Staffe e mensole metalliche di sostegno per pali di illuminazione su viadotto

2.6.1 Descrizione dell'opera

La presente relazione è relativa al calcolo delle strutture in acciaio per il fissaggio dei pali di illuminazione tubolari alle solette in calcestruzzo armato dei viadotti.

I pali di illuminazione sono di tipo conico, in lamiera di acciaio laminato a caldo, alti 9.5+0.80 m con diametro alla base $\phi 152.4 \times 4$ mm e in sommità $\phi 60 \times 4$ mm. All'estremità superiore del palo viene fissato uno sbraccio lungo 2.00 m $\phi 90.3 \times 3$ mm per il supporto dell'apparecchio illuminante.

Alla base i pali vengono inseriti all'interno di un bicchiere $\phi 193.7 \times 10$ mm, alto 80 cm ancorato alla soletta in c.a. del viadotto.

Sono previste due tipologie di ancoraggio:

- con il bicchiere $\phi 193.7 \times 10$ mm saldato su un'estremità di una trave formata da una HEA 200 lunga 160 cm, alla quale sono saldati due piatti (spessore 8 mm) parallelamente all'anima; all'altra estremità la trave viene ancorata alla soletta in c.a. mediante l'utilizzo di una piastra da mm 400x400x15 e 8+4 tasselli chimici M16 (tipo HILTI HVU o equivalente).
- con il bicchiere $\phi 193.7 \times 10$ mm saldato ad una piastra in acciaio da mm 400x800x15, disposta in asse col tubo stesso, la quale viene ancorata alla soletta in c.a. con 4+4 tasselli chimici M20 (tipo HILTI HVU o equivalente).

La trave ed il palo sono stati modellati con elementi "beam",

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson.

2.6.2 Codice di calcolo impiegato

Il calcolo viene condotto mediante un'analisi elastica lineare conforme al D.M. 14.01.2008.

Il calcolo della struttura è stato eseguito col programma agli elementi finiti MIDAS GEN 2010 (v.1.1) distribuito dalla CSPFEA di Este (Padova), licenza d'uso N. USGW001124.

Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo agli stati limite ultimo e di esercizio, DM 14.01.2008, EC3.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.3 Caratteristiche dei materiali

2.6.3.1 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio S275

modulo elastico	$E = 206010 \text{ N/mm}^2$ (2100000 kg/cm ²)
coefficiente di Poisson	$\nu = 0.3$
tensione di rottura	$f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ (4383 kg/cm ²)
tensione di snervamento	$f_k = 275 \text{ N/mm}^2$ (2803 kg/cm ²)
tensione ammissibile per elementi di spessore < 40mm	$f_y = 190 \text{ N/mm}^2$ (1937 kg/cm ²)
tensione ammissibile per elementi di spessore > 40mm	$f_y = 170 \text{ N/mm}^2$ (1733 kg/cm ²)
tensione ammissibile per elementi di spessore < 40mm soggetti a ad azioni inerziali	$f_y = 214 \text{ N/mm}^2$ (2181 kg/cm ²)
tensione ammissibile per elementi di spessore < 40mm soggetti a ad azioni inerziali	$f_y = 191 \text{ N/mm}^2$ (1950 kg/cm ²)

2.6.3.2 Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

CLASSE VITE	f_t (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	$f_{d,N}$ (N/mm ²)	$f_{d,V}$ (N/mm ²)
8.8	800	640	576	384
10.9	1000	900	720	400

legenda:

f_t = tensione di rottura

f_y = tensione di snervamento

$f_{d,N} = 0.9f_t / \gamma_{M2}$ = resistenza di calcolo a trazione ($\gamma_{M2} = 1.25$)

$f_{d,V} = 0.6f_t / \gamma_{M2}$ = resistenza di calcolo a taglio ($\gamma_{M2} = 1.25$) (bulloni 8.8)

$f_{d,V} = 0.6f_t / \gamma_{M2}$ = resistenza di calcolo a taglio ($\gamma_{M2} = 1.25$) (bulloni 10.9)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.3.3 Saldature

Gli acciai per le strutture saldate devono soddisfare le condizioni indicate al § 11.3.4.1 del DM 14.01.2008 e devono inoltre avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al § 11.3.4.1 delle NTC 2008.

I processi di saldatura devono essere eseguiti in conformità a quanto previsto nel § 11.3.4.5 delle NTC 2008.

2.6.4 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

2.6.4.1 Peso proprio + Permanente

peso proprio palo 147 kg
peso proprio sbraccio 10 kg
peso proiettore 16 kg

2.6.4.2 Azioni da neve

Dato il tipo di struttura l'azione dovuta alla neve è trascurabile.

2.6.4.3 Azioni da vento

Manufatto situato in zona 4

$v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$ $a_0 = 500 \text{ m}$

Altitudine sul livello del mare $a_s < 500 \text{ m}$

$v_b = v_{b,0}$ per $a_s < a_0$

Altezza del manufatto sul suolo $z = 10.10 \text{ m}$

Coefficiente di topografia $c_t = 1$

La pressione del vento sul palo è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

dove:

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 1/2 \times 1.25 \times 28^2 = 490 \text{ N/m}^2$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ (densità dell'aria)

$c_d = 1$ (coeff. dinamico)

$c_e = 2.35$ (coeff. di esposizione) $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{\min}$ ($z_{\min} = 4 \text{ m}$) $z_0 = 0.05 \text{ m}$

Coefficienti di forma

- Palo $\phi 193.7 \times 10$ + piastra ($b = 40 \text{ cm}$)

$c_p = 1.8$

$q = q_b c_e c_p c_d = 490 \times 2.35 \times 1.8 \times 0.40 = 829 \text{ N/m}$ (83 kg/m)

- Palo $\phi 152.4 \times 4 \div \phi 90 \times 4$

$c_p = 1.783 - 0.263 d\sqrt{q} = 0.71$ per $2.2 < d\sqrt{q} < 4.2$ ($d\sqrt{q} = 4.07$)

$d = (0.15 + 0.09)/2 = 0.12 \text{ m}$ (diametro medio del palo)

$q = q_b c_e = 490 \times 2.35 = 1151 \text{ N/m}^2$

a favore della sicurezza si adotta $c_p = 1.2$

- Pproiettore

$c_p = 1.8$

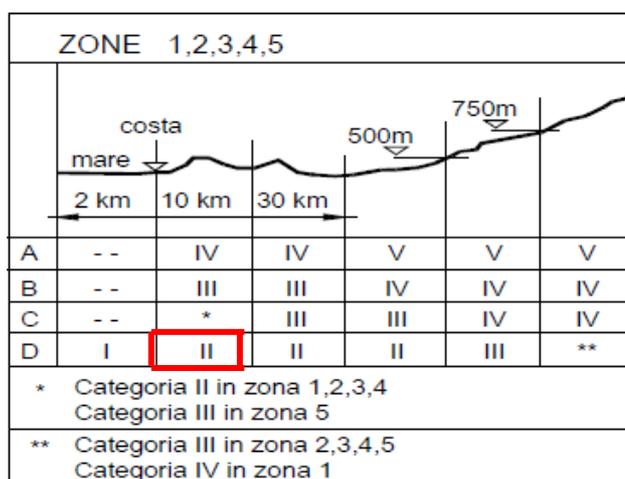
CATEGORIA DI ESPOSIZIONE DEL SITO	k_r	z_0 (m)	z_{\min} (m)
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella - Parametri per coefficienti di esposizione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO	DESCRIZIONE
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Tabella - Classi di rugosità del terreno



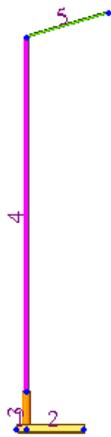
2.6.5 Azione sismica

L'azione sismica per le strutture di cui trattasi non viene considerata in quanto, come dimostrato nelle verifiche relative al palo di illuminazione riportate in precedenza, essa, con riferimento ai medesimi parametri sismici, risulta inferiore rispetto all'azione dovuta al vento.

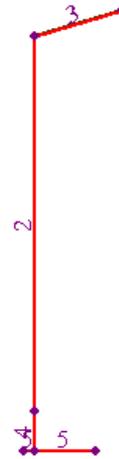
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.6 Palo su mensola

MODELLO DI CALCOLO



TIPOLOGIA SEZIONI ASTE



2.6.6.1 Materiali

TABELLA MATERIALI					
CODICE	Name	Standard	Elasticity (kgf/cm ²)	Poisson	Density (kgf/cm ³)
1	ACCIAIO	EN05(S)	2,10E+06	0.3	0.00785

2.6.6.2 Sezioni

TABELLA SEZIONI		
Property	Name	
2	TUBO ϕ 125*4	PALO
3	TUBO ϕ 60*3	SBRACCIO
4	TUBO ϕ 193*10	TUBO-INCASTRO
5	HEA 200+PIATTI	TRAVE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.6.3 Elementi strutturali

TABELLA ELEMENTI			
Element	Type	Material	Property
1	BEAM	1	5
2	BEAM	1	5
3	BEAM	1	4
4	BEAM	1	2
5	BEAM	1	3

2.6.6.4 Vincoli

L'interazione della struttura con la soletta in c.a. del viadotto viene modellata con un vincolo di incastro.

2.6.6.5 Carichi

Carichi unitari

I carichi unitari sono quelli riportati nell'analisi dei carichi.

Condizioni di carico

Si sono considerate 4 condizioni di carico

CONDIZIONE DI CARICO	TIPO	CODICE	DESCRIZIONE
1	Dead Load (D)	G	PESO PROPRIO+PERMANENTE
2	Wind Load (W)	VX+	VENTO (Direzione +X)
3	Wind Load (W)	VX-	VENTO (Direzione -X)
4	Wind Load (W)	VY	VENTO (Direzione +Y)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Carichi sulle aste

CARICO PERMANENTE

Il peso proprio viene generato automaticamente dal programma di calcolo.

G = 16 kg (peso proiettore)



CARICO VENTO (direzione +X)

palo ϕ 193.7*10+piastra (b = 40 cm)

$$q = q_b c_e c_p c_d = 490 \times 2.35 \times 1.8 \times 0.40 = 829 \text{ N/m (0.83 kg/cm)}$$

palo ϕ 152.4*4 ÷ ϕ 90*4

$$c_p = 1.2$$

$$d = (0.15 + 0.09) / 2 = 0.12 \text{ m (diametro medio del palo)}$$

$$q_v = q_b c_e c_p c_d d = 490 \times 2.35 \times 1.20 \times 0.12 = 165 \text{ N/m (0.17 kg/cm)}$$

per lo sbraccio si assume lo stesso carico vento presente sul palo

proiettore

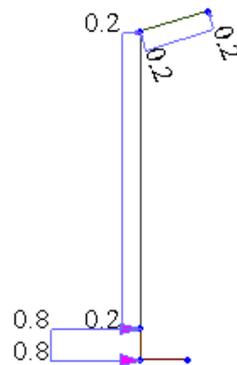
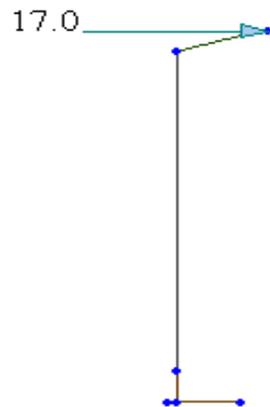
$$q = q_b c_e c_p c_d = 490 \times 2.35 \times 1.8 \times 0.08 = 165 \text{ N (17 kg)}$$

RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI
FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO
DELLE APPARECCHIATURE
IMPIANTISTICHE

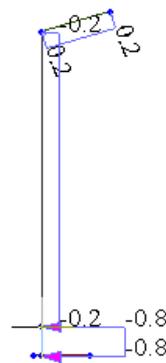
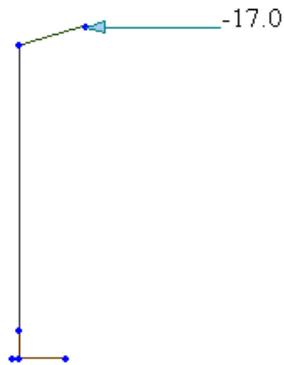
Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

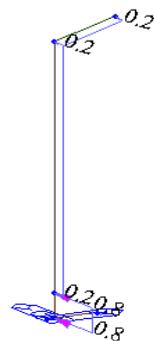
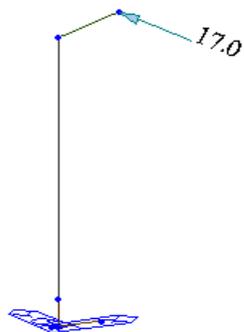
Data
20/06/2011



CARICO VENTO (direzione -X)



CARICO VENTO (direzione Y)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.6.6 Schema geometrico

Il modello di calcolo è formato da una mensola lunga 160 cm (trave HEA 200 + piatti saldati) fissata con una piastra in acciaio e 12 tasselli alla soletta in c.a., alla cui estremità libera viene fissato un palo di illuminazione circolare ($\phi 152.4 \times 4 \div \phi 90 \times 4$ mm) alto 10.10 m (compreso lo sbraccio).

Il modello rappresenta la struttura che verrà messa in opera.

Il palo viene ancorato alla trave HEA 200 mediante l'inserimento e il successivo fissaggio con bulloni, in un tubo ($\phi 193.7 \times 10$ mm) alto cm 80, saldato alla trave stessa.

2.6.6.7 Combinazioni di carico

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero - Z nel sistema globale di riferimento del modello), il carico dovuto al vento (pressione e depressione) nelle due direzioni X e Y del sistema globale di riferimento.

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni statiche del tipo:

$$F_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{Q1} Q_{k1}$$

Si è quindi provveduto a verificare i singoli elementi strutturali per la combinazione di carico più gravosa alla quale corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara	$F_d = G + Q_{k1}$
-------------------	--------------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

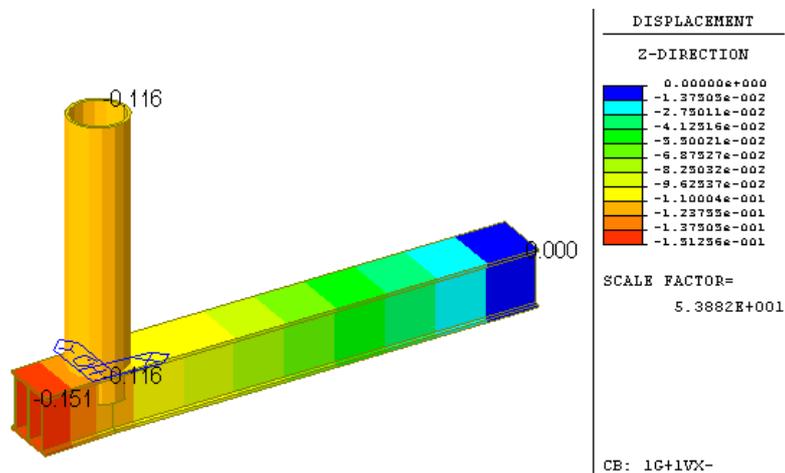
Combinazioni

Tabella combinazioni di carico statiche

NUMERO	COMBINAZIONE	TIPO	G	VX+	VX-	VY
1	1.3G+1.5VX+	SLU	1.3	1.5		
2	1.3G+1.5VX-	SLU	1.3		1.5	
3	1.3G+1.5VY	SLU	1.3			1.5
4	1G+1VX+	RARA	1	1		
5	1G+1VX-	RARA	1		1	
6	1G+1VY	RARA	1			1

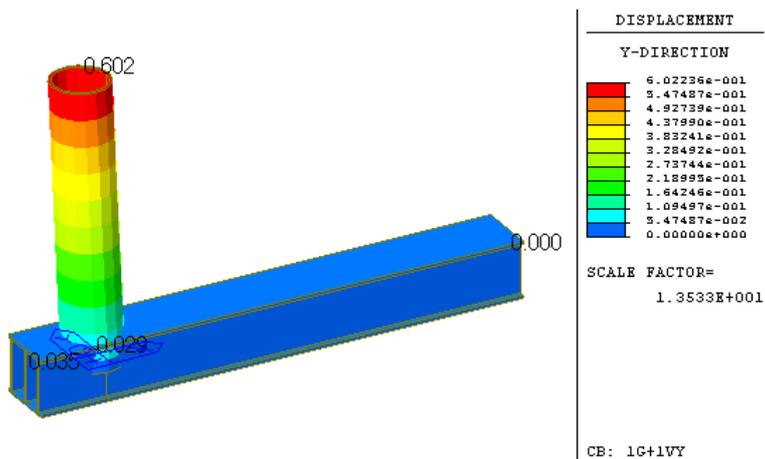
2.6.6.8 Analisi dei risultati

Spostamenti in direzione z (cm) - Combinazione 5 rara 1*g+1*vx-



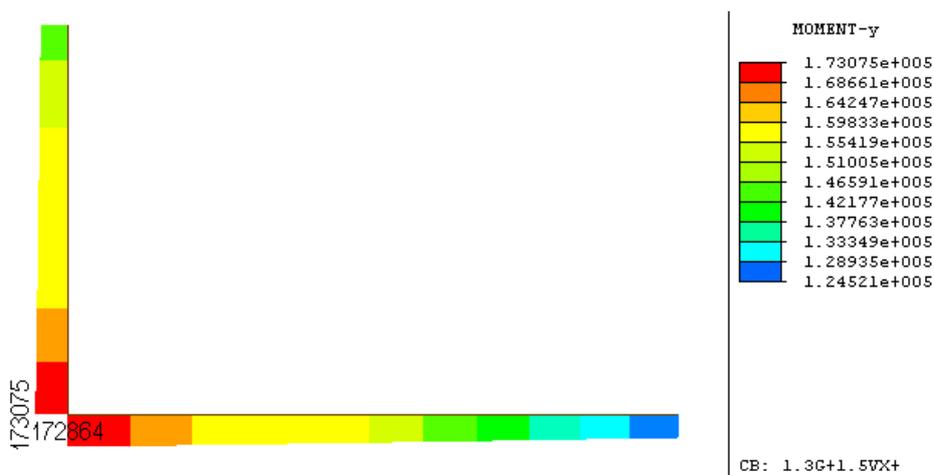
Spostamenti in direzione y (cm) - Combinazione 6 rara 1*g+1*vy

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Diagrammi parametri di sollecitazione

DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE My (kgcm) - COMBINAZIONE 1 SLU 1.3*G+1.5*VX+



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO Fz (kg) - COMBINAZIONE 1 SLU 1.3*G+1.5*VX+

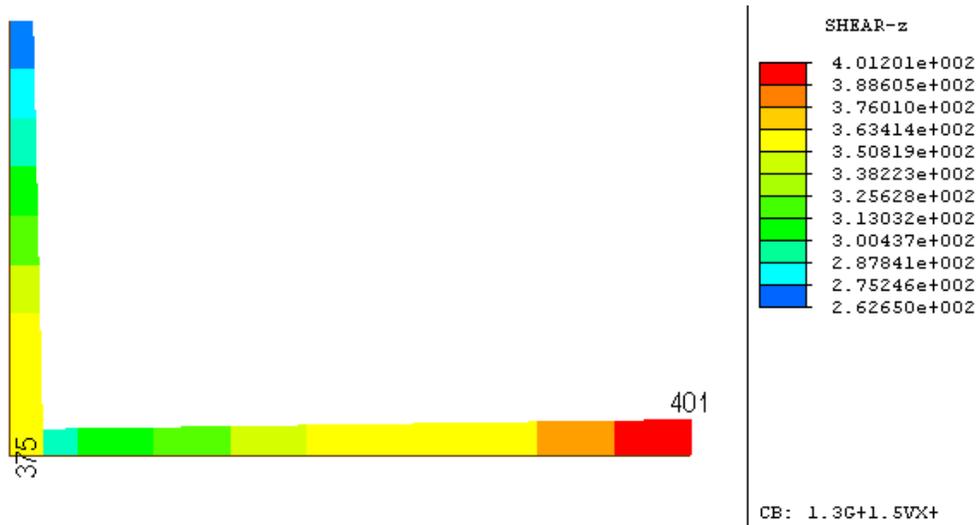
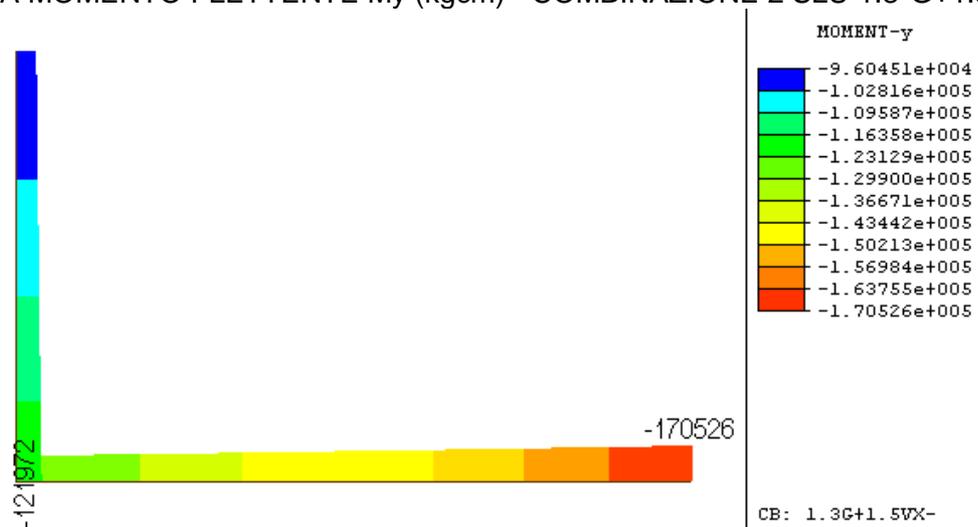


DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE My (kgcm) - COMBINAZIONE 2 SLU 1.3*G+1.5*VX-



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO Fz (kg) - COMBINAZIONE 2 SLU 1.3*G+1.5*VX-

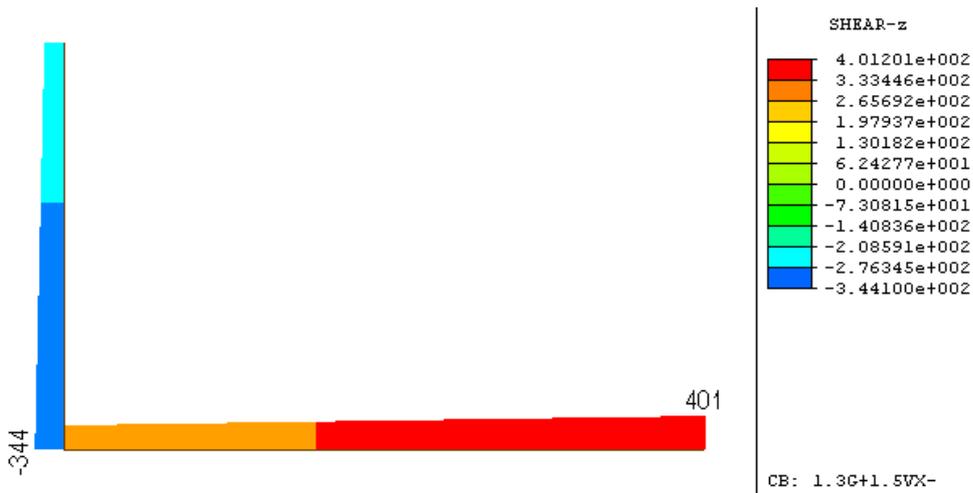
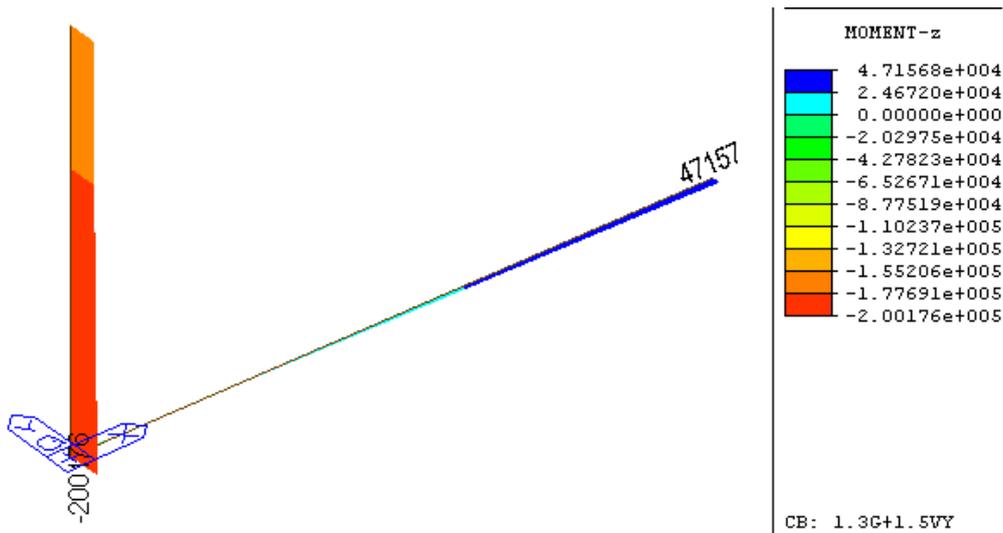


DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE Mz (kgcm) - COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO Fy (kg) - COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY

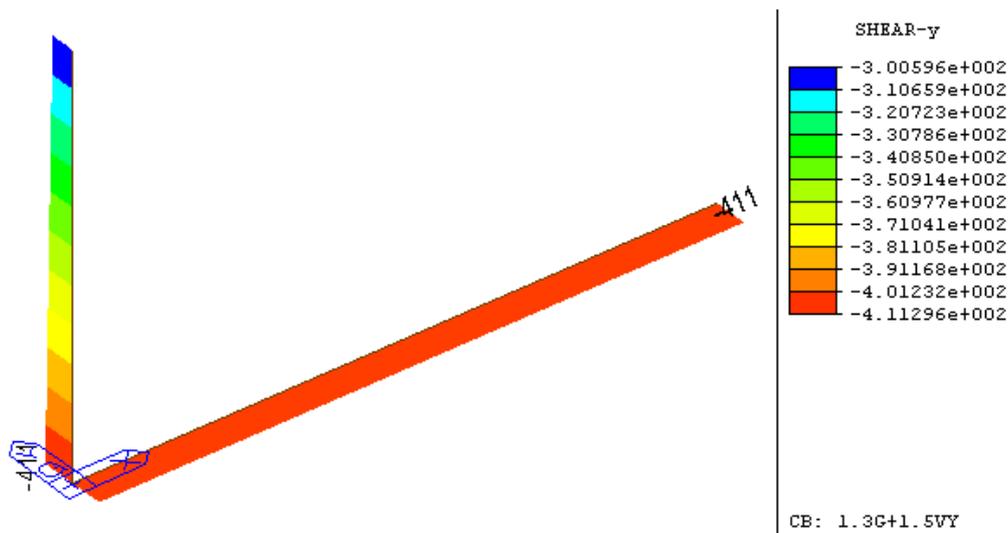
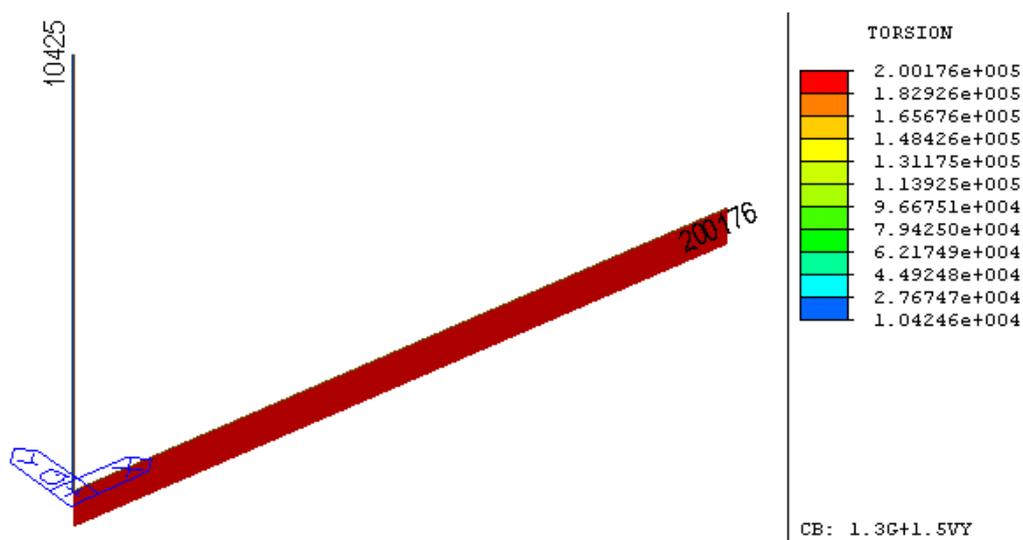
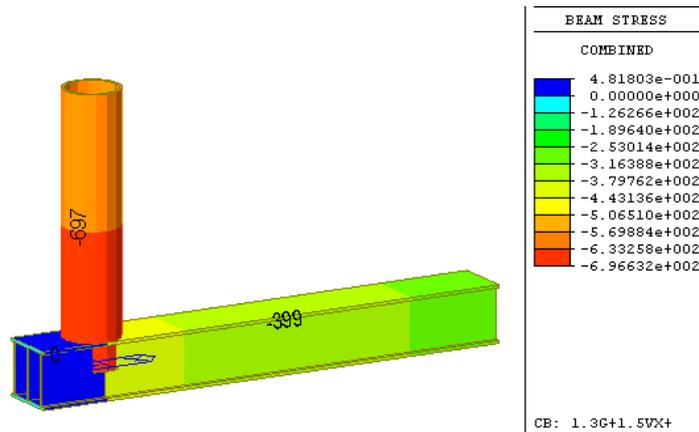


DIAGRAMMA MOMENTO TORCENTE Mx (kgcm) - COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY

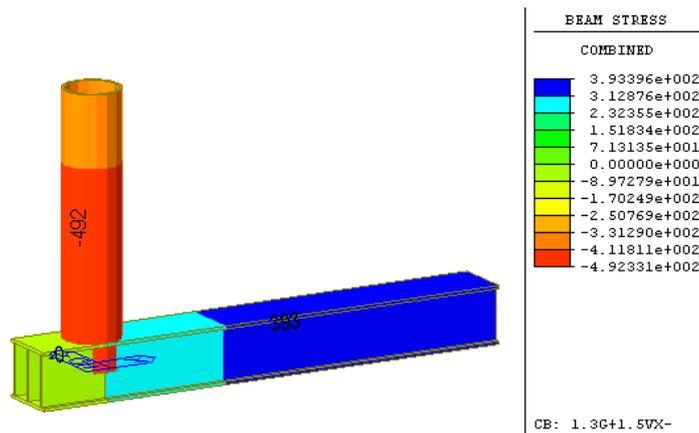


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

MAPPA TENSIONI COMBinate (kg/cm²) - COMBINAZIONE 1 SLU 1.3*G+1.5*VX+

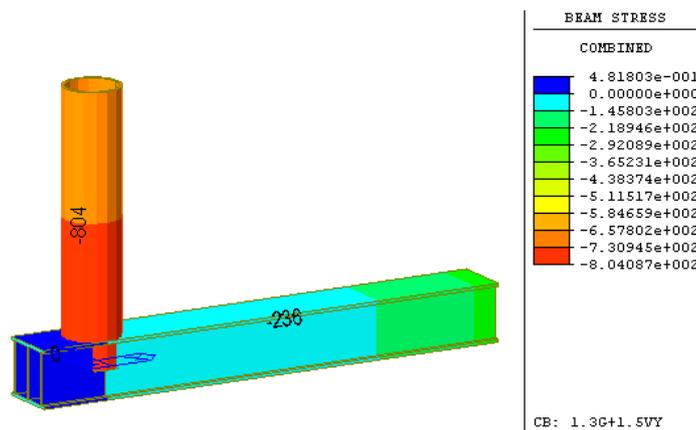


MAPPA TENSIONI COMBinate (kg/cm²) - COMBINAZIONE 2 SLU 1.3*G+1.5*VX-



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

MAPPA TENSIONI COMBinate (kg/cm²) - COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY



$$f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 2750 / 1.05 = 2619 \text{ kg/cm}^2$$

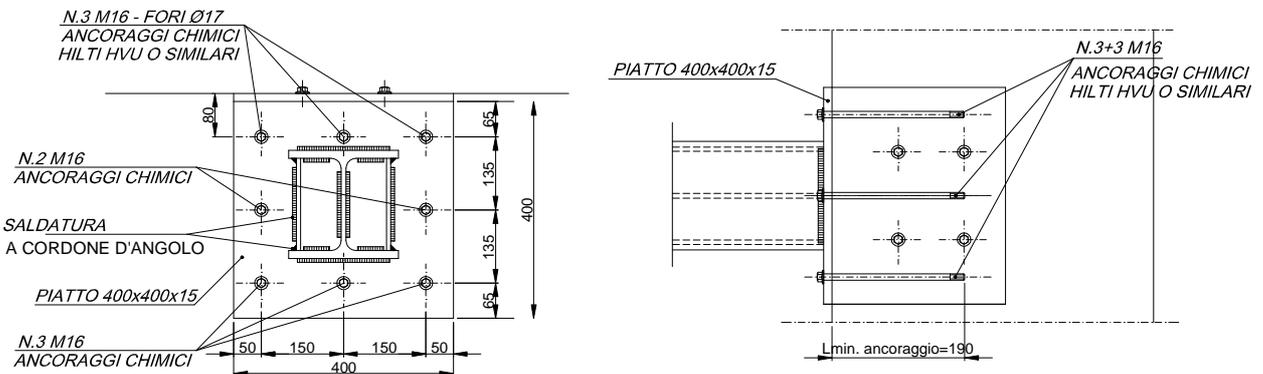
$$\sigma_{\max} = 804 \text{ kg/cm}^2 \text{ (combinazione 3)}$$

$$\sigma_{\max} / f_d = 0.31 < 1$$

2.6.6.9 Verifica nodi

NODO PIASTRA-SOLETTA

Il giunto viene realizzato con una piastra in acciaio da mm 400x400x15 e 8+4 tasselli M16 tipo HILTI HVU o similari



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COMBINAZIONE 2 SLU 1.3*G+1.5*VX+

$M_{Sd} = 1705 \text{ kgm}$ $V_{Sd} = 401 \text{ kg}$

$c > 27 \text{ cm}$ (distanza del tassello dal bordo del calcestruzzo)

$c_{min} = 6.5 \text{ cm}$ (distanza minima del tassello dal bordo del calcestruzzo)

$s = 13 \text{ cm}$ (interasse tasselli)

VERIFICA A TRAZIONE

Per la verifica a trazione sui tasselli, dovuta al momento M_{Sd} , si calcola il momento resistente M_{Rd} dei tasselli e lo si confronta col momento sollecitante.

Per il calcolo del momento resistente si fa l'equilibrio alla rotazione attorno al tassello inferiore:

$$M_{Rd} = n1 * N_{Rd} * b + n2 * V_{sd} * b2 = 3 * 1499 * 0.27 + 4 * 2667 * 0.335 = 4787 \text{ kgm}$$

$$M_{Sd} < M_{Rd}$$

dove:

$$N_{Rd} = \text{MIN}(N_{Rd,c}; N_{Rd,s}) = 1499 \text{ kg}$$

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^o * f_{BN} * f_T * f_{AN} * f_{RN} = 2890 * 1.05 * 1 * 0.76 * 0.65 = 1499 \text{ kg}$$

Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio

$$N_{Rd,s} = 4810 \text{ kg}$$

n1 numero tasselli superiori orizzontali

n2 numero tasselli superiori verticali

b1 distanza tasselli orizzontali dal centro di rotazione rispetto a cui si calcola il momento

b2 distanza sezione di taglio dei tasselli verticali dal centro di rotazione rispetto a cui si calcola il momento

VERIFICA A TAGLIO

$$V_{Rd} = \text{MIN}(V_{Rd,c}; V_{Rd,s}) = 2667 \text{ kg}$$

Resistenza di progetto rispetto al bordo del calcestruzzo

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^o * f_{B,v} * f_{AR,v} * f_{\beta v} = 560 * 1.1 * 1 * 4.33 = 2667 \text{ kg}$$

Resistenza di progetto a taglio dell'acciaio

$$V_{Rd,s} = 3460 \text{ kg}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$V_{Sd} < V_{Rd}$$

COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY

$$M_{Sd} = 471 \text{ kgm}$$

$$V_{Sd} = 411 \text{ kg}$$

$$T_{Sd} = 2001 \text{ kgm (momento torcente)}$$

VERIFICA A TAGLIO

$$V_{Rd} = \mathbf{2667 \text{ kg}}$$

Il momento torcente genera uno sforzo di taglio sui tasselli.

Per calcolare lo sforzo di taglio si calcola il momento d'inerzia polare dei tasselli rispetto al baricentro e si calcola lo sforzo di taglio con la formula:

$$V_{bT} = T_{Sd} \cdot d_i / J_p = 2001 \cdot 100 \cdot 20.18 / 2443 = 1652 \text{ kg}$$

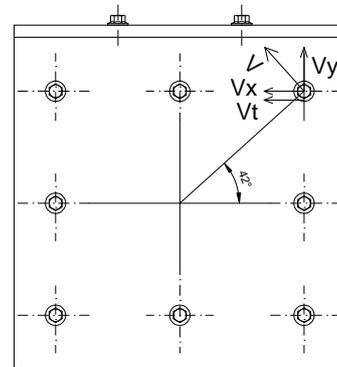
si calcola il momento polare a meno delle aree dei tasselli

$$J_p = \sum d_i^2 = 4 \times 20.18^2 + 2 \times 15^2 + 2 \times 13.5^2 = 2443 \text{ cm}^2$$

d_i distanza del singolo tassello dal baricentro

sforzo di taglio dovuto a V_{Sd}

$$V_{bV} = V_{Sd} / 8 = 411 / 8 = 51 \text{ kg}$$



combinando i due sforzi di taglio si ottiene:

$$V_x = V_x \text{sen} 42^\circ = 1652 \times \text{sen} 42 = 1105 \text{ kg}$$

$$V_y = V_x \text{cos} 42^\circ = 1652 \times \text{cos} 42 = 1228 \text{ kg}$$

$$V_t = 51 \text{ kg}$$

da cui lo sforzo di taglio risultante:

$$V_{Sd} = \sqrt{(V_x + V_t)^2 + V_y^2} = \sqrt{(1156^2 + 1228^2)} = 1686 \text{ kg}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VERIFICA A TRAZIONE

Sforzo di trazione su un tassello

$$N_{Sd} = M_{Sd}/(3 \times 0.26) = 471/(3 \times 0.26) = 603 \text{ kg}$$

$$N_{Rd} = \mathbf{1499 \text{ kg}}$$

$$N_{Sd} < N_{Rd}$$

VERIFICA COMBINATA A TRAZIONE E TAGLIO

$$F_{Sd} = \sqrt{(N_{Sd}^2 + V_{Sd}^2)} = \sqrt{(603^2 + 1686^2)} = 1790 \text{ kg}$$

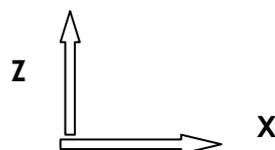
$$\alpha = \text{arctg } V_{Sd}/N_{Sd} = 70.32^\circ$$

$$F_{Rd} = ((\cos\alpha/N_{Rd})^{1.5} + (\sin\alpha/V_{Rd})^{1.5})^{-2/3} = 2172 \text{ kg}$$

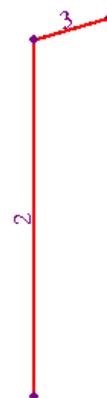
$$F_{Sd} < F_{Rd}$$

2.6.7 Palo su supporto ancorato alla soletta in c.a.

MODELLO DI CALCOLO



TIPOLOGIA SEZIONI ASTE



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.7.1 Materiali

TABELLA MATERIALI					
CODICE	Name	Standard	Elasticity (kgf/cm ²)	Poisson	Density (kgf/cm ³)
1	ACCIAIO	EN05(S)	2,10E+06	0.3	0.00785

2.6.7.2 Sezioni

TABELLA SEZIONI		
Property	Name	
2	TUBO ϕ 125*4	PALO
3	TUBO ϕ 60*3	SBRACCIO

2.6.7.3 Elementi strutturali

TABELLA ELEMENTI				
Element	Type	Material	Property	
1	BEAM	1	2	
2	BEAM	1	3	

2.6.7.4 Vincoli

L'interazione della struttura con la soletta in c.a. del viadotto viene modellata con un vincolo di incastro.

2.6.7.5 Carichi

Carichi unitari

I carichi unitari sono quelli riportati nell'analisi dei carichi.

Condizioni di carico

Si sono considerate 4 condizioni di carico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

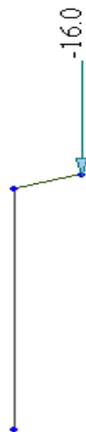
CONDIZIONE DI CARICO	TIPO	CODICE	DESCRIZIONE
1	Dead Load (D)	G	PESO PROPRIO+PERMANENTE
2	Wind Load (W)	VX+	VENTO (Direzione +X)
3	Wind Load (W)	VX-	VENTO (Direzione -X)
4	Wind Load (W)	VY	VENTO (Direzione +Y)

Carichi sulle aste

CARICO PERMANENTE

Il peso proprio viene generato automaticamente dal programma di calcolo.

G = 16 kg (peso proiettore)



CARICO VENTO (direzione +X)

palo $\phi 152.4*4 \div \phi 90*4$

$$c_p = 1.2$$

$$d = (0.15+0.09)/2 = 0.12 \text{ m (diametro medio del palo)}$$

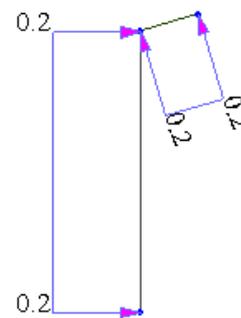
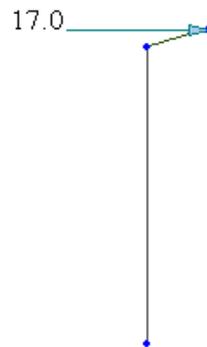
$$q_v = q_b c_e c_p c_{d1} d = 490 \times 2.35 \times 1.20 \times 0.12 = 165 \text{ N/m (0.17 kg/cm)}$$

per lo sbraccio si assume lo stesso carico vento presente sul palo

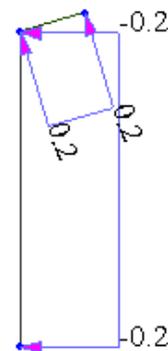
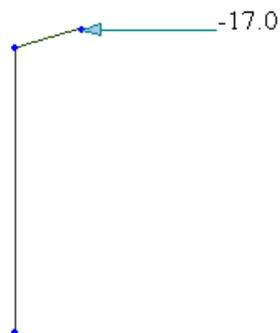
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><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						

proiettore

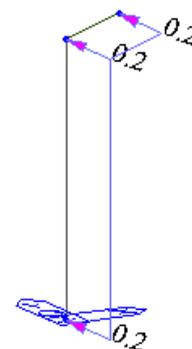
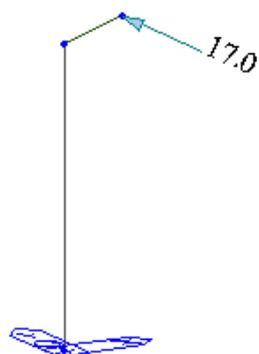
$$q = q_b c_e c_p c_d = 490 \times 2.35 \times 1.8 \times 0.08 = 165 \text{ N (17 kg)}$$



CARICO VENTO (direzione -X)



CARICO VENTO (direzione Y)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.6.7.6 Schema geometrico

Il modello di calcolo è formato da una mensola (il palo di illuminazione) fissata con una piastra e 8 tasselli alla soletta in c.a.. Il palo viene ancorato alla soletta mediante l'inserimento e il successivo fissaggio con bulloni, in un tubo ($\phi 193.7 \times 10$ mm) alto cm 80, saldato alla piastra stessa.

2.6.7.7 Combinazioni di carico

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero - Z nel sistema globale di riferimento del modello), il carico dovuto al vento (pressione e depressione) nelle due direzioni X e Y del sistema globale di riferimento.

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni statiche del tipo:

$$F_d = \gamma_{G1}G_1 + \gamma_{Q1}Q_{k1}$$

Si è quindi provveduto a verificare i singoli elementi strutturali per la combinazione di carico più gravosa alla quale corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara	$F_d = G + Q_{k1}$
-------------------	--------------------

Combinazioni

TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO STATICHE

NUMERO	COMBINAZIONE	TIPO	G	VX+	VX-	VY
1	1.3G+1.5VX+	SLU	1.3	1.5		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

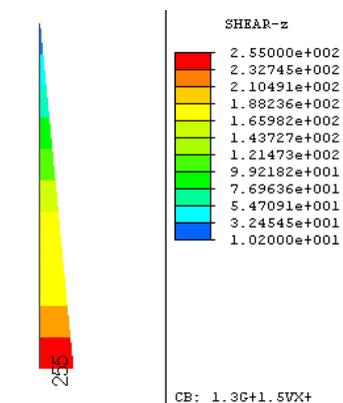
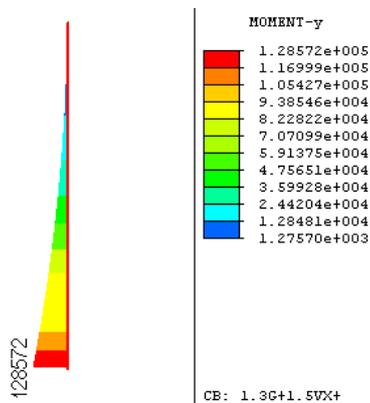
2	1.3G+1.5VX-	SLU	1.3		1.5	
3	1.3G+1.5VY	SLU	1.3			1.5
4	1G+1VX+	RARA	1	1		
5	1G+1VX-	RARA	1		1	
6	1G+1VY	RARA	1			1

2.6.7.8 Analisi dei risultati

Diagrammi parametri di sollecitazione

COMBINAZIONE 1 SLU 1.3*G+1.5*VX+
MOMENTO FLETTENTE My (kgcm)

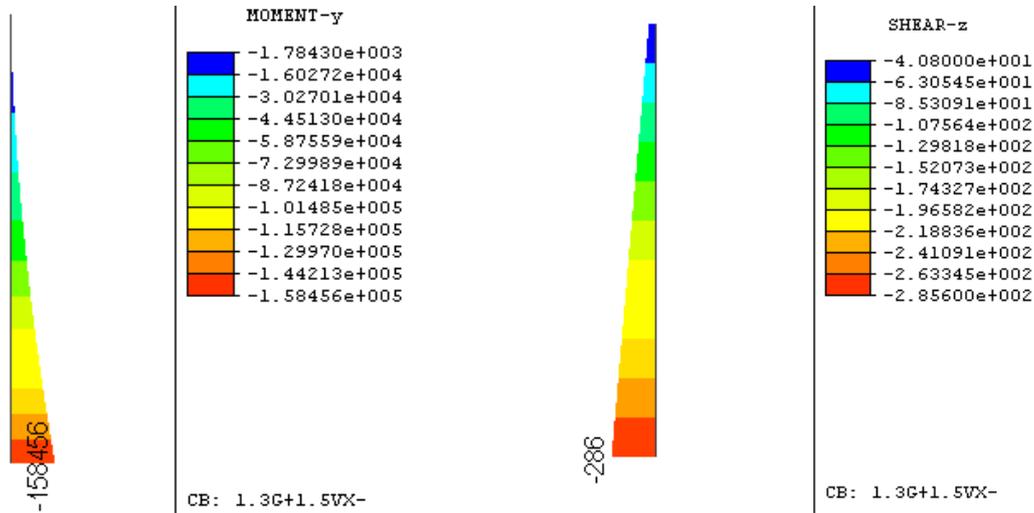
SFORZO DI TAGLIO Fz (kg)



COMBINAZIONE 2 SLU 1.3*G+1.5*VX-
MOMENTO FLETTENTE My (kgcm)

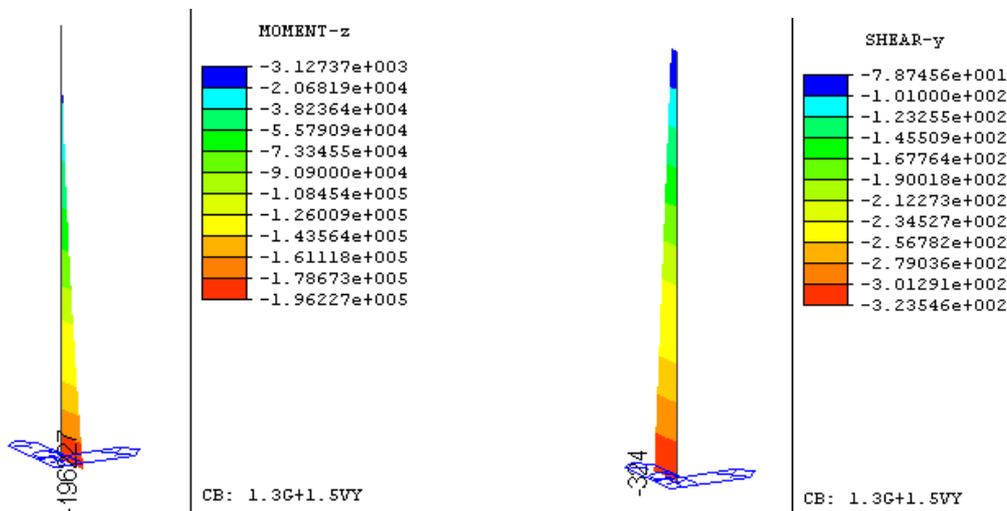
SFORZO DI TAGLIO Fz (kg)

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY
MOMENTO FLETTENTE Mz (kgcm)

SFORZO DI TAGLIO Fy (kg)



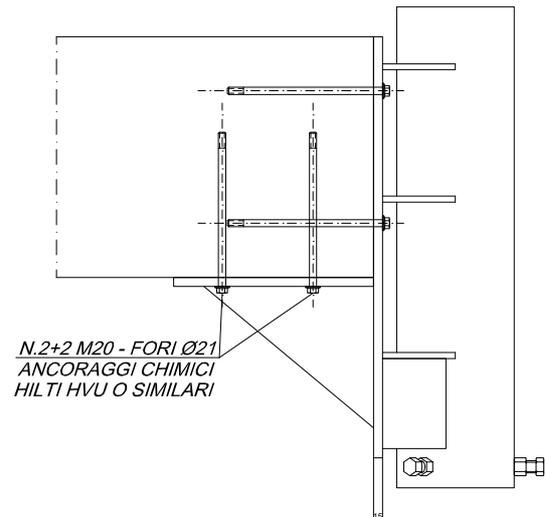
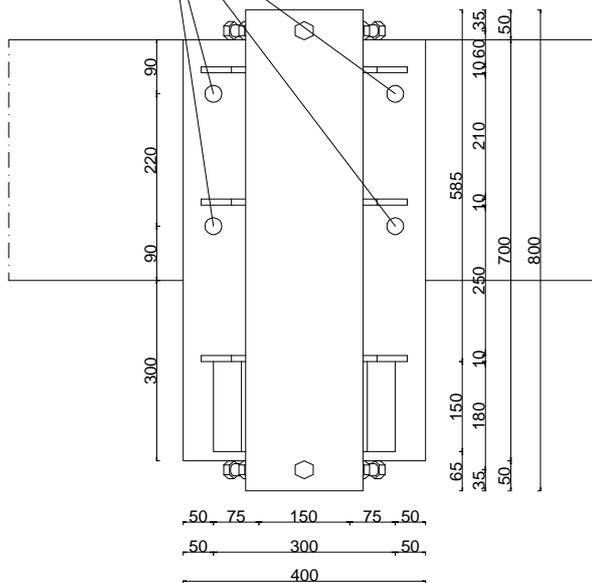
2.6.7.9 Verifica nodi

NODO PIASTRA-SOLETTA

Il giunto viene realizzato con una piastra in acciaio da mm 400x800x15 e 4+4 tasselli HILTI HVU M20 o similari

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

N.4 M20 - FORI Ø21
ANCORAGGI CHIMICI
HILTI HVU O SIMILARI



N.2+2 M20 - FORI Ø21
ANCORAGGI CHIMICI
HILTI HVU O SIMILARI

COMBINAZIONE 2 SLU 1.3*G+1.5*VX-

$M_{sd} = 1585 \text{ kgm}$

$V_{sd} = 286 \text{ kg}$

$c > 27 \text{ cm}$ (distanza del tassello dal bordo del calcestruzzo)

$c_{min} = 9 \text{ cm}$ (distanza minima del tassello dal bordo del calcestruzzo)

$s = 22 \text{ cm}$ (interasse tasselli)

VERIFICA A TRAZIONE

Per la verifica a trazione sui tasselli, dovuta al momento M_{sd} , si calcola il momento resistente M_{Rd} dei tasselli e lo si confronta col momento sollecitante.

Per il calcolo del momento resistente si fa l'equilibrio alla rotazione attorno al tassello superiore:

$$M_{Rd} = n1 * N_{Rd} * b + n2 * V_{sd} * b2 = 2 * 2977 * 0.22 + 4 * 4905 * 0.31 = 7392 \text{ kgm}$$

$$M_{sd} < M_{Rd}$$

dove:

$$N_{Rd} = \text{MIN}(N_{Rd,c}; N_{Rd,s}) = 2977 \text{ kg}$$

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^o * f_{BN} * f_T * f_{AN} * f_{RN} = 5240 * 1.05 * 1 * 0.82 * 0.66 = 2977 \text{ kg}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio

$$N_{Rd,s} = 7510 \text{ kg}$$

n1 numero tasselli superiori orizzontali

n2 numero tasselli superiori verticali

b1 distanza tasselli orizzontali dal centro di rotazione rispetto a cui si calcola il momento

b2 distanza sezione di taglio dei tasselli verticali dal centro di rotazione rispetto a cui si calcola il momento

VERIFICA A TAGLIO

$$V_{Rd} = \text{MIN}(V_{Rd,c}; V_{Rd,s}) = 4905 \text{ kg}$$

Resistenza di progetto rispetto al bordo del calcestruzzo

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^o * f_{B,V} * f_{AR,V} * f_{\beta V} = 1030 * 1.1 * 1 * 4.33 = 4905 \text{ kg}$$

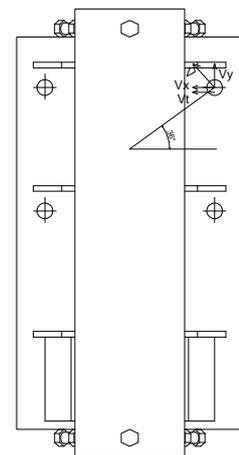
Resistenza di progetto a taglio dell'acciaio

$$V_{Rd,s} = 5400 \text{ kg}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd}$$

COMBINAZIONE 3 SLU 1.3*G+1.5*VY

$$M_{Sd} = T_{Sd} = 1962 \text{ kgm (momento torcente per I tasselli)} \quad V_{Sd} = 323 \text{ kg}$$



VERIFICA A TAGLIO

$$V_{Rd} = 4905 \text{ kg}$$

Il momento torcente genera uno sforzo di taglio sui tasselli.

Per calcolare lo sforzo di taglio si calcola il momento d'inerzia polare dei tasselli rispetto al baricentro e si calcola lo sforzo di taglio con la formula:

$$V_{bT} = T_{Sd} * d_i / J_p = 1962 * 100 * 18.6 / 1384 = 2636 \text{ kg}$$

si calcola il momento polare a meno delle aree dei tasselli

$$J_p = \sum d_i^2 = 4 * 18.6^2 = 1384 \text{ cm}^2$$

d_i distanza del singolo tassello dal baricentro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sforzo di taglio dovuto a V_{Sd}

$$V_{bV} = V_{Sd} / 4 = 323/4 = 81 \text{ kg}$$

combinando i due sforzi di taglio si ottiene:

$$V_x = V_x \sin 36^\circ = 2636 \times \sin 36 = 1549 \text{ kg}$$

$$V_y = V_x \cos 36^\circ = 2636 \times \cos 36 = 2132 \text{ kg}$$

$$V_t = 81 \text{ kg}$$

da cui lo sforzo di taglio risultante:

$$V_{Sd} = \sqrt{(V_x + V_t)^2 + V_y^2} = \sqrt{(1630^2 + 2132^2)} = 2683 \text{ kg}$$

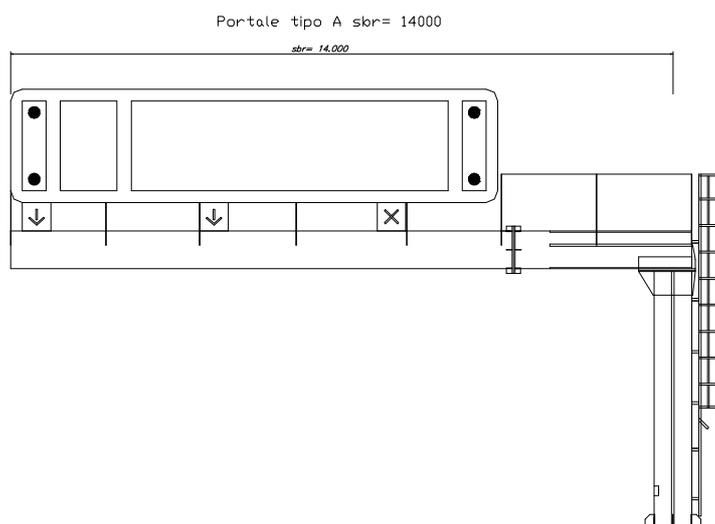
$$V_{Sd} < V_{Rd}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Calcoli dei plinti di fondazione

Il presente paragrafo riporta i calcoli dimensionali e/o di verifica condotti per la definizione dei plinti di fondazione relativi alle strutture di sostegno delle seguenti apparecchiature principali opere impiantistiche: collocate lungo il sistema viario:

- PMV su portale con sbraccio fino a 14.00 m (portale tipo A)



- proiettori per l'illuminazione di vaste aree collocati su torre faro a corona mobile avente altezza di 20 m fuori terra
- apparecchi per l'illuminazione stradale collocati su palo, avente altezza massima 10,5m, con sbraccio di 2m ed alzata 0,6m
- antenne radio collocate su torre avente altezza di 20 m fuori terra
- telecamere su palo avente altezza fuori terra di 10 m fuori terra

Per il portale PMV (tipo A) vengono dimensionati due tipi di plinto in funzione della tipologia della sede stradale (trincea o rilevato). Più precisamente:

- plinto superficiale per portali posizionati su sede stradale in trincea o in piano;
- plinto su pali trivellati per portali su sede stradale in rilevato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le torri dedicate al sostegno dei proiettori e delle antenne radio e per i pali di sostegno degli apparecchi illuminanti e delle telecamere è sempre previsto, invece, un plinto di tipo superficiale.

Per il calcolo dei plinti relativi al portale PMV, alle torri per antenne ed al palo per telecamere sono stati utilizzati i parametri di sollecitazione alla base delle colonne, indicati nel capitolo precedente del presente documento mentre per i plinti relativi alle torri relative ai proiettori ed ai pali i parametri di sollecitazione vengono calcolati in questa sezione della relazione.

3.1 Normativa di riferimento

- D.P.R. n. 380 del 06/06/2001 "T.U."
- D.M. 14/01/2008 - "Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

3.2 Caratteristiche del terreno di fondazione

I parametri geotecnici di riferimento per il calcolo delle opere di fondazione sono stati dedotti dalle indagini geologiche eseguite in vari punti nella zona oggetto dell'intervento.

Trattandosi di opere che verranno posizionate in diverse località si sono considerate, cautelativamente, le condizioni stratigrafiche più sfavorevoli.

Per il calcolo delle fondazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU) si è utilizzato l'Approccio 2 (A1+M1+R3) come previsto nel D.M. 14.01.2008, dove i coefficienti γ_f da applicare ai carichi sono pari a 1,3 per i carichi permanenti e a 1,5 per i carichi variabili, nelle combinazioni di carico senza sisma e pari a 1 nel caso di combinazioni di carico sismiche; i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno γ_M sono tutti unitari ed infine il coefficiente parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali γ_R è stato assunto pari a 2,3 (capacità portante).

Per il calcolo della capacità portante dei plinti di tipo superficiale, con piano di posa sulle ghiaie, sono stati utilizzati i seguenti parametri geotecnici:

- $c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$ coesione
- $\phi = 30^\circ$ angolo di attrito interno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$ peso di volume
- $N_c = 30.14$ fattore di capacità portante
- $N_q = 18.40$ fattore di capacità portante
- $N_\gamma = 22.40$ fattore di capacità portante

Il carico limite per fondazioni continue in terreni incoerenti viene calcolato utilizzando la formula di Vesic:

$$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{cu} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_y + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

Per le fondazioni dei portali, posizionati su sede stradale in rilevato, si è fatto riferimento a plinti su quattro pali trivellati di diametro e lunghezza pari a:

- ϕ 60 cm e lunghezza 14.00 m (altezza rilevato + 5.00 m) per i plinti dei portali tipo A

Per i parametri geotecnici del terreno sotto il rilevato sono stati utilizzati gli stessi parametri sopra elencati previsti per i plinti superficiali, mentre per il rilevato si è considerato quanto segue:

- $\phi = 25^\circ$ angolo di attrito interno
- $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$ peso di volume
- $ca = 0.20$ coefficiente di attrito palo-terreno
- $\mu_c = 0.30$ coefficiente di riduzione coesione del terreno

Vista la natura del terreno di fondazione in esame, dove non sono presenti livelli sabbiosi con spessori significativi a bassa densità e saturi, esso non rientra tra quelli potenzialmente liquefacibili in presenza di sollecitazioni sismiche.

Le opere di fondazione saranno realizzate con i materiali, le dimensioni e le tecnologie indicati nella presente relazione di calcolo e nei corrispondenti elaborati grafici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.3 Caratteristiche dei materiali

3.3.1 Calcestruzzo

Pali di fondazione e plinti

Classe di resistenza	C25/30 (Rck 300) (E = 311800 kg/cm ²)
Condizioni ambientali:	Strutture completamente interrato in terreno permeabile.
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4 (Fluida)
Copriferro	25 mm
Diametro massimo aggregati:	32 mm

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite:

Classe	R _{ck}	$f_{cd}=0.55 R_{ck}$ (kg/cm ²)	0.85 f _{cd} (kg/cm ²)	0.35 R _{ck} (kg/cm ²)	f _{ctd} (kg/cm ²)	E _c (kg/cm ²)	v
C25/30	300	165	141	105	12.2	311800	0.12

Legenda sigle:

- fcd (resistenza di calcolo cilindrica);
- $f_{cd} = 0.83 R_{ck} / \gamma_c$, ($\gamma_c = 1.5$); $f_{cd} = 0.83 R_{ck} / 1.5 = 0.55 R_{ck}$;
- 0.85 fcd (tensione di calcolo a compressione cls per le verifiche SLU a presso tenso flessione);
- $0.85 f_{cd} = 0.85 \cdot 0.83 R_{ck} / 1.5 = 0.47 R_{ck}$;
- 0.35 Rck (tensione di calcolo per sola compressione);
- fctd (resistenza di calcolo a trazione);
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$; $f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.27 R_{ck}^{2/3}$ (N/mm²);
- $E_c = 5700 \sqrt{R_{ck}}$ (N/mm²) modulo di elasticità normale;
- U (coefficiente di Poisson).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.3.2 Acciaio per c.a.

Acciaio B450C

- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 5500 \text{ kg/cm}^2$ (540 N/mm²)
- tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 4600 \text{ kg/cm}^2$ (450 N/mm²)
- tensione di progetto a rottura: $f_{td} = f_{yk} / \gamma_S = f_{yk} / 1.15 = 3982 \text{ kg/cm}^2$ (391 N/mm²)

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti: $1.15 \leq (f_t/f_y)_k < 1.35$ $(f_y, /f_y, \text{nom})_k \leq 1.25$

3.4 Analisi dei carichi – Combinazioni di carico

3.4.1 Carichi sui portali a bandiera dei PMV

Le sollecitazioni con le relative combinazioni, sia statiche che dinamiche, alla base delle colonne sono state indicate nel capitolo precedente della presente relazione:

portale tipo A:

- $N = 113.030 \text{ N}$; $T = 121.170 \text{ N}$; $M_p = 564.440 \text{ Nm}$; $M_v = 849.840 \text{ Nm}$; $M_t = 909.300 \text{ Nm}$;

3.4.2 Carichi su torre faro per proiettori

In sommità è previsto il montaggio di, massimo quattro proiettori. La torre faro sarà collocata, tipicamente, all'interno di aiuole, previste in zone parcheggio o nell'ambito delle aree di svincolo, ovvero lungo sezioni stradali in trincea.

La torre sarà ancorata alla base ad un plinto in c.a. con una piastra metallica e 16 tirafondi M24.

- Peso proprio palo: 970 kg
- Peso proiettori (massimo numero 4 proiettori con peso di 21,3 kg ciascuno): 86 kg

Dato il tipo di struttura l'azione dovuta alla neve è trascurabile.

Per quanto concerne l'azione del vento si è fatto riferimento ai seguenti valori:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- manufatto situato in zona 4
- $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$ - $a_0 = 500 \text{ m}$
- altitudine sul livello del mare $a_s < 500 \text{ m}$
- $v_b = v_{b,0}$ per $a_s < a_0$
- altezza del manufatto sul suolo $z = 20 \text{ m}$
- coefficiente di topografia $c_t = 1$

La pressione del vento sul palo è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

dove:

- $q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 1/2 \times 1.25 \times 28^2 = 490 \text{ N/m}^2$
- $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ (densità dell'aria)
- $c_d = 1$ (coeff. dinamico)
- $z = 20 \text{ m}$
- $c_e = 2.81$ (coeff. di esposizione)

- Coefficienti di forma della torre:
 $c_p = 0.7$ per $d\sqrt{q} \geq 4,2$ ($d\sqrt{q} = 11.87$)
 $d = (0.20 + 0.44)/2 = 0.32 \text{ m}$ (diametro medio del palo)
 $q = q_b c_e = 490 \times 2.81 = 1377 \text{ N/m}^2$

- Coefficienti di forma dei proiettori
 $c_p = 1.8$

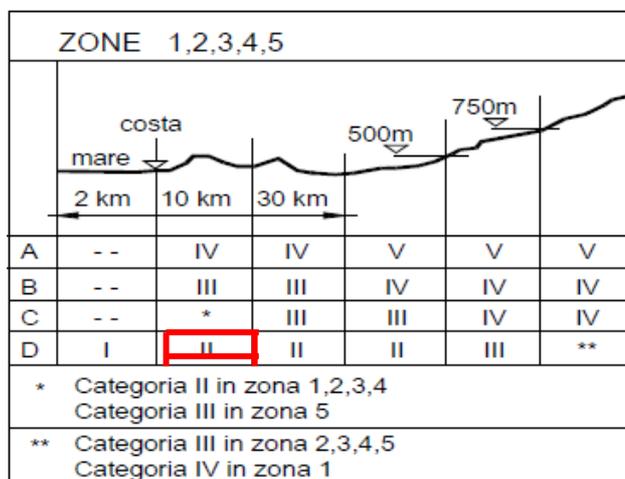
CATEGORIA DI ESPOSIZIONE DEL SITO	k_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella – Parametri per coefficienti di esposizione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO	DESCRIZIONE
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

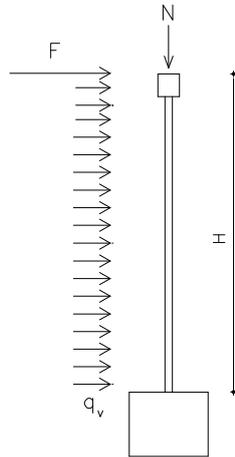
Tabella – Classi di rugosità del terreno



L'azione d'insieme del vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento.

Lo schema statico è riportato nella figura seguente:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Dove H vale 20 m ed il carico N vale 1056 kg (ovvero pari al peso della torre 970 kg sommato al peso complessivo dei proiettori 86 kg)

Il carico vento q_1 (vento sul palo) vale:

$$q_v = q_b c_e c_p c_d d = 490 \times 2.81 \times 0.7 \times 1 \times 0.40 = 386 \text{ N/m (39 kg/m)}$$

mentre il carico vento F sui quattro proiettori, ciascuno con superficie esposta la vento di 0,21 mq, vale:

$$F = q_b c_e c_p c_d l = 490 \times 2.81 \times 1.8 \times (4 \times 0.21) = 2081 \text{ N (208 kg)}$$

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni statiche del tipo:

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 14 gennaio 2008, sono state effettuate con l'approccio 2 come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 14 gennaio 2008, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 6.2.II tutti unitari), i valori calcolati delle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO (tabella 6.4.I).

Il carico assiale N vale:

$$N = \gamma_G N = 1 \times 1056 = 1056 \text{ kg} \text{ (si considera il } \gamma_G = 1 \text{)}$$

La spinta del vento viene moltiplicata per $\gamma_Q = 1.5$. Si ricava un momento flettente alla base del palo:

$$M = 1.5 \times (q_v \times H^2 / 2 + F \times H) = 1.5 \times (39 \times 20.00^2 / 2 + 208 \times 20.00) = 17940 \text{ kgm}$$

ed uno sforzo di taglio pari a:

$$T = 1.5 \times (q_v \times H + F) = 1.5 \times (39 \times 20.00 + 208) = 1482 \text{ kg}$$

3.4.3 Carichi sui pali di illuminazione

- Peso proprio palo: 150 kg
- Peso sbraccio: 10 kg
- Peso apparecchio: 16 kg

Dato il tipo di struttura l'azione dovuta alla neve è trascurabile.

Per quanto concerne l'azione del vento si è fatto riferimento ai seguenti valori:

- manufatto situato in zona 4
- $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$ - $a_0 = 500 \text{ m}$
- altitudine sul livello del mare $a_s < 500 \text{ m}$
- $v_b = v_{b,0}$ per $a_s < a_0$
- altezza del manufatto sul suolo $z = 11,1 \text{ m}$
- coefficiente di topografia $c_t = 1$

la pressione del vento sul palo è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

dove:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 1/2 \times 1.25 \times 28^2 = 490 \text{ N/m}^2$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \text{ (densità dell'aria)}$$

$$c_d = 1 \text{ (coeff. dinamico)}$$

$$z = 11.10 \text{ m}$$

$$c_e = 2.41 \text{ (coeff. di esposizione)}$$

- Coefficienti di forma del palo:

$$c_p = 1.783 - 0.263 d\sqrt{q} = 0.7 \quad \text{per } 2,2 < d\sqrt{q} < 4,2 \quad (d\sqrt{q} = 4.12)$$

$$d = (0.15 + 0.09)/2 = 0.12 \text{ m (diametro medio del palo)}$$

$$q = q_b c_e = 490 \times 2.41 = 1181 \text{ N/m}^2$$

- Coefficienti di forma dell'apparecchio

$$c_p = 1.8$$

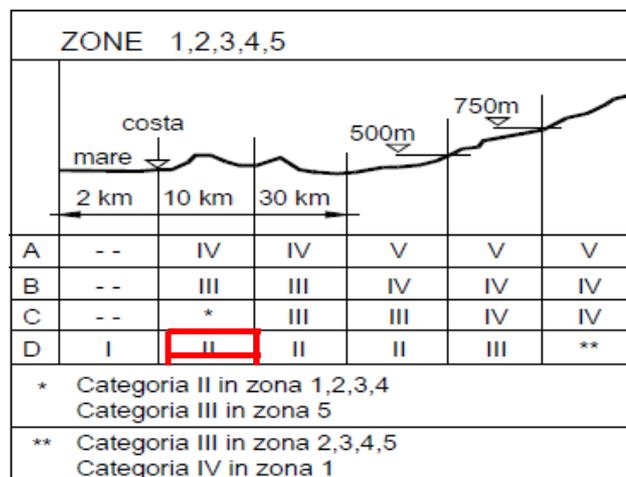
CATEGORIA DI ESPOSIZIONE DEL SITO	k_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella – Parametri per coefficienti di esposizione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO	DESCRIZIONE
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

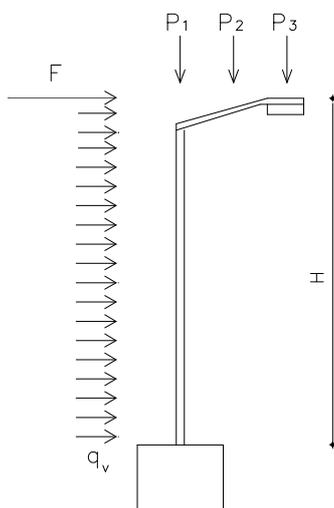
Tabella – Classi di rugosità del terreno



L'azione d'insieme del vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento.

Lo schema statico è riportato nella figura seguente:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Dove H vale 11,1 m ed il carico N vale 176 kg (ovvero pari al peso del palo 150 kg sommato al peso dello sbraccio complessivo dei proiettori 26 kg)

Il carico vento q_1 (vento sul palo) vale:

$$q_v = q_b c_e c_p c_d d = 490 \times 2.41 \times 0.7 \times 1 \times 0.12 = 99 \text{ N/m (10 kg/m)}$$

mentre il carico vento F sull'apparecchio, avente una superficie esposta la vento di 0,08 mq, vale:

$$F = q_b c_e c_p c_d l = 490 \times 2.41 \times 1.8 \times 0.08 = 170 \text{ N (17 kg)}$$

Il carico assiale N vale:

$$N = \gamma_G N = 1 \times 176 = 176 \text{ kg (si considera il } \gamma_G = 1)$$

Il momento flettente alla base del palo dovuto al peso proprio

$$M_p = 1 \times (10 \times 1.45 + 16 \times 2.90) = 61 \text{ kgm}$$

La spinta del vento viene moltiplicata per $\gamma_Q = 1.5$. Si ricava un momento flettente alla base del palo:

$$M_v = 1.5 \times (q_v \times H^2 / 2 + F \times H) = 1.5 \times (10 \times 11.10^2 / 2 + 17 \times 11.10) = 1207 \text{ kgm}$$

Ne deriva che il momento risultante vale: $M = M_p + M_v = 61 + 1207 = 1268 \text{ kgm}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Mentre lo sforzo di taglio risulta pari a:

$$T = 1.5 \times (q_v \times H + F) = 1.5 \times (10 \times 11.10 + 17) = 192 \text{ kg}$$

3.4.4 Carichi sulla torre per antenne radio

- Combinazione 1 (SLU) Peso proprio+Permanente+Vento+Ghiaccio

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki} = 1.3 \times G + 1.5 \times Q_v + 0.5 \times Q$$

- Combinazione 2 (SLE) Peso proprio+Permanente+Vento

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} = 1 \times G + 1 \times Q_v$$

- Combinazione 3 (SLU) Peso proprio+Permanente+Sisma

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} = 1 \times G$$

PALO	COMBINAZIONE	N (N)	Tx (N)	My (Nm)	Ty (N)	Mx (Nm)
H= 20.00m	1	47706	49729	701472	0	3733
	2	36697	9600	126786	0	2477
	3	36697	26953	380572	0	2477

Tabella combinazioni di carico

3.4.5 Carichi sul palo per telecamere

- Combinazione 1 (SLU) Peso proprio+Permanente+Vento+Ghiaccio:

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki} = 1.3 \times G + 1.5 \times Q_v + 0.5 \times Q$$

- Combinazione 2 (SLE) Peso proprio+Permanente+Vento

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} = 1 \times G + 1 \times Q_v$$

- Combinazione 3 (SLU) Peso proprio+Permanente+Sisma

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$F_d = \gamma_G G + \gamma_{Q1} Q_{k1} = 1 \times G$$

PALO	COMBINAZIONE	N (N)	Tx (N)	My (Nm)	Ty (N)	Mx (Nm)
H= 10.00m	1	7593	8316	59629	0	1606
	2	5841	2160	14602	0	1063
	3	5841	5260	35794	0	1063

Tabella combinazioni di carico

3.5 Codice di calcolo impiegato

Per il calcolo delle opere di fondazione su palo si è utilizzato il programma di calcolo EDILUS.

Nome del Software	EdiLus
Versione	20.00b
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A.

3.5.1 Sintesi delle funzionalità generali del programma di calcolo

Il programma software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

3.5.2 Progetto e verifica degli elementi strutturali

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni in base al D.M. 14.01.2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma (nel caso più semplice si hanno altre quattro combinazioni, nel caso più complesso una serie di altri valori).
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito quando si è in presenza di pressoflessione deviata:

- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.10 del D.M. 14 gennaio 2008, effettuando due verifiche a pressoflessione retta; in tale formula, per la generica combinazione, è stato calcolato l'esponente Alfa in funzione della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.
- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.10 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.
- Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x , M_y , N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.
- Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per i pilastri, che sono sollecitati sempre in regime di pressoflessione deviata, e per le travi per le quali non è possibile semiprogettare a pressoflessione retta:
- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

calcola il coefficiente di sicurezza con un procedimento iterativo in base all'armatura adottata;

- se per almeno una di queste terne esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le terne considerate.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti. Successivamente, si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

Il plinto su pali è stato calcolato pensandolo come un insieme di travi isostatiche che collegano le teste dei pali. Il carico verticale, idealmente posto al centro, viene ripartito in base al numero di travi e di pali ed le verifiche delle armature a flessione e taglio delle travi sono effettuate di conseguenza. Vengono calcolate, quando necessarie, le armature di punzonamento ed i plinti sono completati con armature di ripartizione per particolari geometrie che lo richiedono, ed ancora con armature perimetrali di circondamento.

Il carico limite verticale dei pali è stato calcolato col metodo di Berezantzeev, tenendo conto della stratigrafia, delle condizioni del terreno (drenato/non drenato), se trattasi di pali con grosso diametro (>80 cm), della eventuale presenza della falda e della riduzione dovuta agli effetti di interazione per gruppi di pali. Tale carico limite viene confrontato col valore massimo dell'azione verticale, che, nel caso di plinti su pali, viene calcolato tenendo conto della geometria effettiva del plinto e degli effetti di M_x ed M_y oltrechè F_z .

Il carico limite orizzontale viene invece ricavato secondo la metodologia indicata da Broms per pali vincolati in testa. Viene calcolata l'armatura principale e secondaria del palo rispettivamente a pressoflessione ed a taglio, il meccanismo di rottura del complesso palo-terreno (palo corto/medio/lungo) e l'eventuale profondità di formazione della cerniera plastica in caso di palo lungo.

Anche in tal caso l'azione orizzontale è quella massima calcolata tenendo conto della geometria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0

del problema.

3.6 Tabulati di calcolo

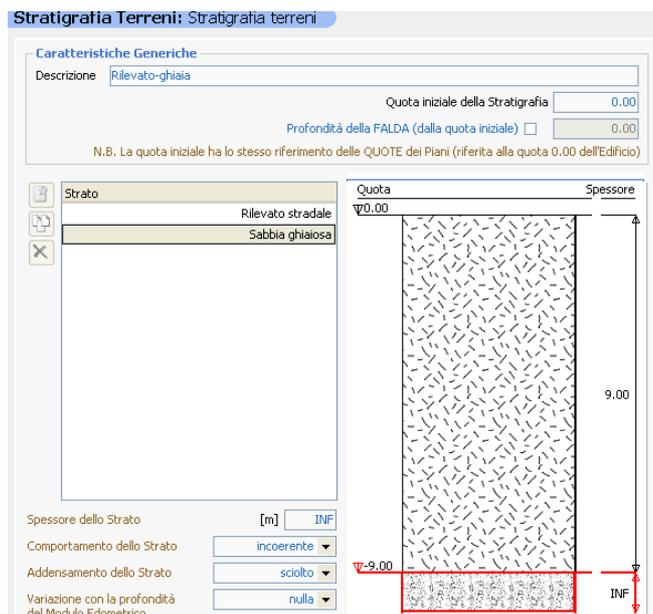
MATERIALI

Materiali																				
N	Tipo	Descrizione	Sigla	Peso Specifico	Coeff. Dil. Termica	Modulo elastico		Rk	γ	γ_e	rid Fmk	Cat. Mur.	μ	Tipo Rot. Tag.		n	ft	fc	τR	N Act
						E	G							M	F					
				[N/m ³]	[1/C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]									[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
001	CA	Cls C25/30 B450C	C25/30	25.000	0,000010	31.447	12.579	30,00	1,50	-	-	-	1,00	-	-	15	1,19	3,07	0,34	002
002	AcT	Acciaio B450C	B450C	78.500	0,000010	210.000	80.769	450,00	1,15	-	-	-	1,00	-	-	1	-	-	-	-
LEGENDA Materiali																				
N	Numero identificativo del materiale																			
Tipo	Tipologia del materiale: [CA] = Calcestruzzo armato - [AcT] = Acciaio in tondini - [AcP] = Acciaio per profilati - [AcB] = Acciaio per bulloni -[G] = Altri materiali - [M] = Muratura - [MA] = Muratura armata																			
Sigla	Sigla del materiale																			
Coeff. Dil. Termica	Coefficiente di dilatazione termica																			
E	Modulo elastico normale																			
G	Modulo elastico tangenziale																			
Rk	Resistenza caratteristica del materiale. Il valore riportato è "Rck" per il calcestruzzo, "f _{yk} " per l'acciaio/bulloni, "f _{mk} " per la muratura ed "f _k " nel caso di altro materiale																			
γ	Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale. Il valore riportato è " γ_c " per il calcestruzzo, " γ_f " per l'acciaio, " γ_{M2} " per i bulloni, " γ_m " per la muratura e " γ_g " in caso di altro materiale																			
γ_e	Coefficiente di sicurezza del modello																			
ridFmk	Percentuale di riduzione di R _{cfmk}																			
Cat.Mur.	Categoria muratura(p.11.10 DM 14/01/2008)																			
μ	Coefficiente di attrito																			
Tipo Rot. Tag.	Tipo rottura a taglio del materiale: 1=per scorrimento 2 = per fessurazione diagonale 3 = per scorrimento e fessurazione. colonna M: Maschi - colonna F: Fasce																			
n	Coefficiente di omogeneizzazione																			
ft	Il valore riportato e' la "Resistenza di calcolo a trazione" per il calcestruzzo armato, la "Resistenza caratteristica a trazione" per la muratura, la "Resistenza caratteristica allo snervamento (t compreso tra 40mm e 80mm)" per l'acciaio, la "Resistenza caratteristica a rottura" per i bulloni																			
fc	Il valore riportato e' la "Resistenza a rottura per flessione" per il calcestruzzo armato, la "Resistenza caratteristica a compressione orizzontale" per la muratura.																			
τR	Il valore riportato e' la "Resistenza tangenziale di calcolo" per il calcestruzzo armato, la "Resistenza caratteristica a taglio in assenza di compressione - f _{vk0} " per la muratura.																			
N Act	Identificativo, nella tabella materiali, dell'acciaio utilizzato.																			

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0

TERRENI

Terreni												
N	Descrizione	Tipo	Peso Unità Volume	Angolo di Attrito	Coesione	Ed	Costante di sottofondo			σt	σt_{SLU}	Coes Eff
							X	Y	Z			
			[N/m ³]	[°ssdc]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/cm ²]	[N/cm ²]	[N/cm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
001	Rilevato stradale	C	18.000	25	0,00	30	20	20	100	-	-	0,00
002	Sabbia ghiaiosa	C	18.000	30	0,00	80	80	80	300	-	-	0,00
LEGENDA Terreni												
N	Numero identificativo del terreno											
Tipo	Categoria di appartenenza del suolo di fondazione secondo la classificazione proposta al punto 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m - [S1] = Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche - [S2] = Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti											
Ed	Modulo edometrico											
Costante di sottofondo	Valori della costante di sottofondo del terreno nelle direzioni degli assi del riferimento globale X, Y, e Z											
σt	Tensione di compressione ammissibile per il terreno.											
σt_{SLU}	Tensione di compressione consentita per il terreno allo Stato Limite Ultimo.											



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0

3.6.1 Plinto su pali per portale PMV di tipo A

SEZIONI ASTE

Sezioni aste																						
N	Tp	Label	Dimensioni										V	Area	A per Taglio		Inerzia			□□□As si Pr.		
			B	H	S.An	L.An	S.AI0	L.AI0	S.AI1	L.AI1	L.AI2	L.AI3			X	Y	X	Torsionale	Y		XY	
			[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	
002	8	Ø60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.827,4	2.544,69	2.544,69	636.173	1.272.345	636.173	0	0,00
LEGENDA Sezioni aste																						
N	Numero identificativo della sezione																					
Tp	Identificativo del tipo di sezione																					
Label	Identificativo della sezione come indicato nelle carpenterie																					
B	Base/Diametro/Raggio																					
H	Altezza/Lato/Altezza di colmo																					
Area	Area della sezione																					
X, Y	Coppia di assi baricentrici di tipo ortolevogyro con x in direzione orizzontale																					
Area per Taglio X, Y	Aree della sezione deformabili a Taglio lungo gli assi x e y																					
Inerzia: X, Torsionale, Y, XY	Inerzie della sezione rispetto agli assi																					
Δθ □Assi Pr.	Rotazione degli assi principali d'inerzia rispetto agli assi x, y, espresse in gradi sessadecimali																					

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

NODI

Nodi																	
N	X	Y	Z	Vincolo Esterno						Cedimenti Impressi						Calc. Fond.	
				Tipo	RSx	RSy	RSz	Rθ x	Rθ y	Rθ z	Sx	Sy	Sz	θ x	θ y		θ z
	[m]	[m]	[m]		[N/cm]	[N/cm]	[N/cm]	[N·m/rad]	[N·m/rad]	[N·m/rad]	[cm]	[cm]	[cm]	[rad]	[rad]	[rad]	
0000 1	2,77	3,63	0,00	Plinto	3.018.2 72	3.018.2 72	6.993.4 63	9,8902 E+08	9,8902 E+08	4,2685 E+08	-	-	-	-	-	-	NO
0000 2	2,77	3,63	0,20	nessuno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NO

LEGENDA Nodi

N	Numero identificativo del nodo.
X, Y, Z	Coordinate del nodo rispetto al riferimento globale X, Y, Z.
Tipo	Descrizione del tipo di vincolo esterno presente sul nodo.
RSx, RSy, RSz, Rθ x, Rθ y, Rθ z	Valori di rigidezza del vincolo riferiti agli assi globali: le prime tre colonne indicano i valori di rigidezza alla traslazione lungo gli assi X, Y e Z, mentre le seconde tre colonne forniscono i valori di rigidezza alla rotazione intorno agli assi X, Y, e Z.
Sx, Sy, Sz, θ x, θ y, θ z	Valori di spostamenti/rotazioni del nodo riferiti agli assi globali: le prime tre colonne indicano i valori di spostamento lungo gli assi X, Y, e Z, mentre le seconde tre colonne forniscono i valori di rotazione intorno agli assi X, Y, e Z.
Calc. Fond.	Indica se questo nodo è incluso nel calcolo della fondazione.

PLINTI SU PALI

Plinti su pali							
Pilastro	Tipo		Materiale		Altezza		Bicchiere
					[m]		
001	Q4		001		1,20	NO	
	Info Palo	Diam. 60	Lung. 14	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0,20	C.Coes. 0,30

LEGENDA Plinti su pali

Pilastro	Numero identificativo del pilastro sotto cui si trova il bicchiere.
Tipo	Tipo di plinto su pali (T = Triangolare; Q = Quadrato; R = Rettangolare; P = Pentagonale; E = Esagonale). Il numero accanto alla lettera indica il numero di pali associati al plinto.
Materiale	Identificativo del materiale nella relativa tabella.
Altezza	Altezza del plinto.
Bicchiere	Indica la presenza o meno del bicchiere.
C.Attr.	Coefficiente di attrito Palo-terreno.
C.Coes.	Coefficiente di riduzione coesione del terreno.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0

CARICHI SUI NODI

T. Carico	Carico	CC	ϕ	SR	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
					[N]	[N]	[N]	[N-m]	[N-m]	[N-m]
Nodo 00002										
C	CR001	002	-	G	0	0	-113.030	0	0	0
C	CR001	002	-	G	0	121.170	0	0	0	0
C	CR002	001	-	G	0	0	0	-849.840	0	0
C	CR002	001	-	G	0	0	0	0	564.440	0
C	CR002	001	-	G	0	0	0	0	0	-909.300
LEGENDA Carichi sui nodi										
T.Carico	Descrizione del tipo di carico.									
Carico	Descrizione del carico: CR001= Forza concentrata CR002= Momento concentrato									
CC	Identificativo della condizione di carico, nella relativa tabella.									
ϕ	Nel caso di effettuazione dei calcoli secondo l'Ordinanza 3274/03 e s.m.i., è il valore del coefficiente di riduzione delle masse sismiche.									
SR	Identificativo del sistema di riferimento considerato: [G] = Sistema di riferimento Globale X, Y, Z - [L] = Sistema di riferimento Locale 1, 2, 3.									
Fx, Fy, Fz	Componenti del vettore Forza riferita agli assi del sistema di riferimento indicato nella colonna "SR".									
Mx, My, Mz	Componenti del vettore Momento riferito agli assi del sistema di riferimento indicato nella colonna "SR".									

NODI - SPOSTAMENTI

Nodo	CC	Sx	Sy	Sz	θx	θy	θz	σt
		[cm]	[cm]	[cm]	[rad]	[rad]	[rad]	[N/mm ²]
00001	001	0,0000	0,0000	0,0000	-6,7577 E-04	4,4883 E-04	-1,9429 E-03	-
	002	0,0000	0,0366	-0,0523	-1,927 E-05	0 E+00	0 E+00	-
00002	001	0,0094	0,0142	0,0000	-7,4063 E-04	4,9191 E-04	-2,0457 E-03	-
	002	0,0000	0,0372	-0,0523	-2,0195 E-05	0 E+00	0 E+00	-
LEGENDA Nodi - Spostamenti								
CC	Identificativo della condizione di carico, nella relativa tabella.							
Sx, Sy, Sz, θx, θy, θz	Le componenti dello spostamento sono relative al sistema di riferimento globale X, Y, Z.							
σt	Valore della tensione sul terreno di sottofondo, per nodi appartenenti a strutture di fondazione.							

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

NODI - REAZIONI VINCOLARI ESTERNE

N	CC	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		[N]	[N]	[N]	[N-m]	[N-m]	[N-m]
00001	001	0	0	0	849.840	-564.440	909.300
00001	002	0	-121.170	464.830	24.234	0	0

LEGENDA Nodi - Reazioni vincolari esterne	
N	Numero identificativo del nodo.
CC	Identificativo della Condizione di Carico nella relativa tabella.
Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz	Reazioni vincolari relative al sistema di riferimento globale X, Y, Z.

PLINTI SU PALI - SOLLECITAZIONI E VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (Fondazione)

Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo stato limite ultimo																							
Pil	Dir A			Dir B			σt	Afs.	Afs.	Afi.	Afi.	Aft.	Aft.	Afp	CSs.	CSs.	CSI.	CSI.	CSp	CSp	CSt.	CSt.	
	N	Mx	Ty	N	Mx	Ty		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	.A	.B	A	B
	[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N-m]	[N]	[N/m m²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]									
001	0	974.817	689.300	0	0	0	-	8,04	0,00	25,14	0,00	0,20	NAN	0,00	-	1,16	-	-	-	-	-	2,17	-
Info Palo		Diam. 60		Lung. 14		Tipo. Trivellato		Tcrl. in opera		C.Attr. 0,20		C.Coes. 0,30											
Car. Lim.	QMaxVrt	QMaxOrz	QLimVrt	QLimVpnt	QLimVLtrl	QLimOrz	MMaxOrz	Tipo Rottura	Prof Cern	CS Vert	CS Oriz												
	689300	39380	973832	819746	154086	218735	511768	Palo Lungo	3,37	1,41	5,55												
Pfr. Dev.	N	Mx	My	CS	ε c	ε A	N ult	φ	nf	φSt													
	116.207	324.748	-211.665	1,07	-0,0035	0,0068	5.171.335	20	16	8000													
Taglio	Tc	CS	Vcc	Vwd	Vcd	Vwp	Aft	Pst	φSt														
	39.380	9	738.621	340.200	0	0,00	0,07	15,00	8														

LEGENDA Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo stato limite ultimo	
Pil	Identificativo della pilastrata cui il plinto è collegato.
Livello	Identificativo del livello di appartenenza del plinto.
N, Mx, Ty	Componenti della sollecitazione.
Afs.A, Afs.B	Armatura superiore esecutiva, rispettivamente nelle direzioni A e B.
Afi.A, Afi.B	Armatura inferiore esecutiva, rispettivamente nelle direzioni A e B.
Afp	Armatura a punzonamento esecutiva.
Aft.A, Aft.B	Armatura a taglio esecutiva, rispettivamente nelle direzioni A e B.
CSs.A, CSs.B	Coefficienti di sicurezza relativi all'armatura superiore, nelle direzioni A e B. [NS] = Non Significativo - Per valori del CS maggiori o uguali a 100.
CSI.A, CSI.B	Coefficienti di sicurezza relativi all'armatura inferiore, nelle direzioni A e B. [NS] = Non Significativo - Per valori del CS maggiori o uguali a 100.
CSp.A, CSp.B	Coefficiente di sicurezza relativo all'armatura a punzonamento, nelle direzioni A e B. [NS] = Non Significativo - Per valori del CS maggiori o uguali a 100.
CSt.A, CSt.B	Coefficienti di sicurezza relativi all'armatura a taglio, nelle direzioni A e B. [NS] = Non Significativo - Per valori del CS maggiori o uguali a 100.
σt	Valore della tensione massima esercitata sul terreno.
LEGENDA Verifiche a carico limite verticale e orizzontale	
QMaxVrt	Carico verticale di progetto allo SLU [N].

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

QMaxOrz	Carico orizzontale di progetto allo SLU [N].
QLimVrt	Carico limite verticale [N].
QLimVPnt	Aliquota carico limite verticale dovuto alla resistenza alla punta [N].
QLimVLtrl	Aliquota carico limite verticale dovuto alla resistenza laterale [N].
QLimOrz	Carico limite orizzontale [N].
MMaxOrz	Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali [Nm].
Tipo Rottura	Modalita' di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
Prof Cern	Profondita' della seconda cerniera plastica [m].
CS Vert	Coefficiente di sicurezza per carichi verticali: [NS]= Non significativo.
CS Oriz	Coefficiente di sicurezza per carichi orizzontali: [NS]= Non significativo.
LEGENDA Verifiche a pressoflessione deviata allo SLU	
N, Mx, My	Valori della terna di sollecitazione cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza [N].
CS	Minimo Coefficiente di sicurezza: [NS] = Non Significativo - Per valori di CS maggiori o uguali a 100. (Le sollecitazioni ultime Nu, Mxu, Myu sono date da N, Mx, My moltiplicate per CS).
ε c	Deformazione del calcestruzzo in corrispondenza di Nu, Mxu, Myu.
ε A	Deformazione dell'acciaio in corrispondenza di Nu, Mxu, Myu.
N ult	Sforzo normale ultimo per compressione semplice.
φ	Diametri delle barre di acciaio nei vertici [mm].
nf	Numero delle barre di acciaio.
φSt	Diametri delle staffe [mm].
LEGENDA Verifiche a Taglio	
Tc	Valori della massima sollecitazione di taglio composta in funzione di Tx, Ty e dell'asse neutro [N].
CS	Minimo Coefficiente di sicurezza: [NS] = Non Significativo - Per valori di CS maggiori o uguali a 100.
Vcc	Taglio ultimo per conglomerato compresso [N]. Il valore è calcolato secondo il punto 4.2.2.3.1 del D.M.9/1/1996 per pilastri. Per pilastri Parete come definiti dall'Ordinanza 3431 il valore è calcolato secondo le indicazioni del punto 5.4.5.2 della citata Ordinanza.
Vwd	Contributo acciaio al taglio ultimo dovuto alle staffe [N].
Vcd	Contributo del calcestruzzo al taglio ultimo [N].
Vwp	Taglio ultimo dovuto ai ferri piegati [N].
Aft	Area di ferro per il taglio per centimetro [cm ² /cm].
Pst	Passo massimo staffe da Normativa [cm].
φSt	Diametri delle staffe [mm].

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0875_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

3.6.2 Plinto superficiale per portale PMV di tipo A

**RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI
FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO
DELLE APPARECCHIATURE
IMPIANTISTICHE**

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

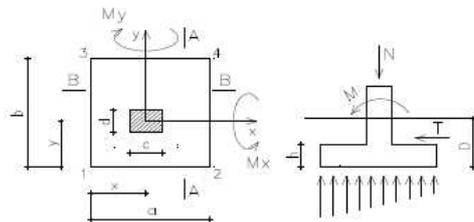
PLINTO P1 - PORTALE A BANDIERA TIPO A

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

calcestruzzo C25/30	f_{ck}	25 N/mm ²	R_{ck}	30 N/mm ²
	γ_c	1.5	$\alpha f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c$	14.11 N/mm ²
peso specifico calcestruzzo	γ_{is}	25 kN/m ³	$f_{ctk} = 0,7 * 0,27 * R_{ck}^{2/3}$	1.82 N/mm ²
			$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.22 N/mm ²
			$\tau_{rd} = 0,25 f_{ctd}$	0.30 N/mm ²
acciaio B 450C	γ_s	1.15	f_{yk}	450 N/mm ²
			$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.3 N/mm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

soletta	a =	450 cm	b =	450 cm	h =	120 cm
baricentro pilastro	x =	225 cm	y =	225 cm	h' =	110 cm
pilastro	c =	100 cm	d =	100 cm		
profondità plinto	D =	140 cm				
copriferro	c =	10 cm				



PARAMETRI GEOTECNICI

peso terreno	$\gamma =$	1800 kg/m ³
coesione	$c_u =$	0 kg/cm ²
angolo d'attrito	$\phi =$	30 °
$N_q = e^{(P * \tan \phi)} + \gamma^2 (45^\circ + \phi / 2)$	$N_q =$	18.40
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_c =$	30.14
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$N_\gamma =$	22.40

COMBINAZIONE DI CARICO

parametri di sollecitazione al piede del pilastro

carico N	N =	11303 kg
peso plinto ($\gamma_{ck} * a * b * h$) * 0.9	Pp =	54675 kg
momenti per eccentricità del carico N	Mex =	0 kgm
	Mey =	0 kgm
momento alla base del pilastro Mx (momento peso portale)	Mx =	56444 kgm
taglio alla base del pilastro Ty	Ty =	0 kg
momento alla base del pilastro My (momento vento)	My =	84984 kgm
taglio alla base del pilastro Tx (vento)	Tx =	12117 kg

RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

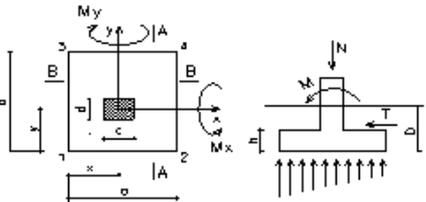
parametri di sollecitazione alla base del plinto																		
sfuerzo normale alla base del plinto ($N_d = (N+P_p)$)		$N_d =$	65978 kg															
momento alla base del plinto ($M_{ax} = M_x + T_y \cdot h + M_{ex}$)		$M_{ax} =$	56444 kgm															
momento alla base del plinto ($M_{ay} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey}$)		$M_{ay} =$	99524 kgm															
eccentricità ($e_x = M_{ay} / N_d$)		$e_x =$	150.84 cm > a/6															
eccentricità ($e_y = M_{ax} / N_d$)		$e_y =$	85.55 cm > b/6															
larghezza plinto ridotta $B_r = a - 2e_x$		$B_r =$	148.31 cm															
lunghezza plinto ridotta $L_r = b - 2e_y$		$L_r =$	278.90 cm															
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)		APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)																
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{cu} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_y + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y$		$q_{ult} =$	14.07 kg/cm ²															
coefficiente di sicurezza (approccio 2)		$\gamma_s =$	2.3															
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot B_r \cdot L_r / \gamma_s$		$N_u =$	253074 kg															
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u$		$IR =$	0.26 <= 1															
CALCOLO ARMATURE PLINTO																		
reazione media sul terreno ($\sigma_r = N/A$)		$\sigma_r =$	0.33 kg/cm ²															
reazione sul terreno σ_1		$\sigma_1 =$	1.69 kg/cm ²															
reazione sul terreno σ_2		$\sigma_2 =$	0.38 kg/cm ²															
reazione sul terreno σ_3		$\sigma_3 =$	0.99 kg/cm ²															
reazione sul terreno σ_4		$\sigma_4 =$	0.00 kg/cm ²															
verifica a flessione sezione A-A																		
momento di progetto ala plinto		$M_{sd} =$	822 kNm															
	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>ϕ</th><th>n</th><th>A(cm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="2">armatura tesa</td><td>16</td><td>17</td><td>34.18</td></tr><tr><td>16</td><td>0</td><td>0.00</td></tr><tr><td>armatura compressa</td><td>16</td><td>17</td><td></td></tr></tbody></table>		ϕ	n	A(cm ²)	armatura tesa	16	17	34.18	16	0	0.00	armatura compressa	16	17			
	ϕ	n	A(cm ²)															
armatura tesa	16	17	34.18															
	16	0	0.00															
armatura compressa	16	17																
Mom. Resistente (armatura simm)		$A_s =$	34.18 cm ²															
Armatura tesa rimanente (At-Ac)		$A'_s =$	34.18 cm ²															
Rapp.meccanico Atesa rimanente		$M_{rd,1} =$	1337.50 kNm															
Posizione asse neutro		$A_s =$	0 mm ²															
		$\omega_s =$	0.0000 CAMPO A															
		$x =$	72.60 mm															
		$\kappa =$	0.344															
M_e sezione a semplice armatura		$M_{rd,2} =$	0.00 kNm															
momento resistente $M_{rd1} + M_{rd2}$		$M_{rd} =$	1337.50 kNm															
Verifica di resistenza $IR = M_{sd} / M_{rd} < 1$		$IR =$	0.61 < 1															
verifica a flessione sezione B-B																		
Momento di progetto ala plinto		$M_{sd} =$	471 kNm															
	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>ϕ</th><th>n</th><th>A(cm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="2">Armatura tesa</td><td>16</td><td>17</td><td>34.18</td></tr><tr><td>16</td><td>0</td><td>0.00</td></tr><tr><td>Armatura compressa</td><td>16</td><td>17</td><td></td></tr></tbody></table>		ϕ	n	A(cm ²)	Armatura tesa	16	17	34.18	16	0	0.00	Armatura compressa	16	17			
	ϕ	n	A(cm ²)															
Armatura tesa	16	17	34.18															
	16	0	0.00															
Armatura compressa	16	17																
Mom. Resistente (armatura simm)		$A_s =$	34.18 cm ²															
Armatura tesa rimanente (At-Ac)		$A'_s =$	34.18 cm ²															
Rapp.meccanico Atesa rimanente		$M_{rd,1} =$	1337.50 kNm															
		$A_s =$	0 mm ²															
		$\omega_s =$	0.0000 CAMPO A															

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Posizione asse neutro	x = 72.60 mm
	κ = 0.344
M_R sezione a semplice armatura	$M_{Rd,2} = 0.00$ kNm
Momento resistente $M_{Rd1} + M_{Rd2}$	$M_{Rd} = 1337.50$ kNm
Verifica di resistenza $IR = M_{sd} / M_{Rd}$	IR = 0.35 < 1
VERIFICA AL RIBALTAMENTO	
momento ribaltante di progetto in direzione del vento	$M_{v,sd} = 84984$ kgm
momento ribaltante di progetto in direzione del peso	$M_{p,sd} = 56444$ kgm
momento stabilizzante $M_{Rd} = P_p \cdot a / 2$	$M_{Rd} = 123019$ kgm
verifica al ribaltamento in direzione del vento $IR_v = M_{v,sd} / M_{Rd}$	IR _v = 0.69 < 1
verifica al ribaltamento in direzione del peso $IR_p = M_{p,sd} / M_{Rd}$	IR _p = 0.46 < 1
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO	
APPROCCIO 1 (A2+M2+R2) GEO	
coefficiente di attrito $\mu = \text{tg}\phi / \gamma_\phi = \text{tg}30^\circ / 1.25$	μ = 0.46
carico stabilizzante	$N_d = 65978$ kg
forza tagliante vento	$V_d = 12117$ kg
verifica allo scorrimento $IR_s = \mu N_{sd} / V_{sd} > 1.1$	IR _s = 2.50 > 1.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0 <i>Data</i> 20/06/2011

3.6.3 Plinto superficiale per Torre Faro

PLINTO TORRE-FARO				
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI				
calcestruzzo C25/30	f_{ct}	25 N/mm ²	R_{ct}	30 N/mm ²
	γ_c	1.5	$\sigma_{ctd} = 0,8 \sigma_{ct} / \gamma_c$	14.11 N/mm ²
peso specifico calcestruzzo	γ_{da}	25 kN/m ³	$f_{ctk} = 0,7 \cdot 0,27 \cdot R_{ct}^{2/3}$	1.82 N/mm ²
			$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.22 N/mm ²
			$\tau_{ctd} = 0,2 \sigma_{ctd}$	0.30 N/mm ²
acciaio B 480 C	γ_s	1.15	f_{yk}	460 N/mm ²
			$f_{td} = f_{yk} / \gamma_s$	391.3 N/mm ²
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
soletta	a =	260 cm	b =	260 cm
			h =	120 cm
baricentro pilastro	x =	130 cm	y =	130 cm
			h' =	110 cm
pilastro	c =	50 cm	d =	50 cm
profondità plinto	D =	130 cm		
capiferno	c =	10 cm		
				
PARAMETRI GEOTECCNICI				
peso terreno	γ	1800 kg/m ³		
coesione	c_u	0 kg/cm ²		
angolo d'attrito	ϕ	30 °		
$N_a = e^{(\tan \phi \cdot \sigma + 1) \cdot \tan \phi} \cdot (45 + \phi/2)$	N_a	18.40		
$N_e = (N_a - 1) \cdot \cot \phi$	N_e	30.14		
$N_s = 2(N_a + 1) \cdot \tan \phi$	N_s	22.40		
COMBINAZIONE DI CARICO				
parametri di sollecitazione al piede del pilastro				
carico N	N =	10.56 kg		
peso plinto ($\gamma_{da} \cdot a \cdot b \cdot h$) * 0.9	Pp =	182.52 kg		
momenti per eccentricità del carico N	M _{ex} =	0 kgm		
	M _{ey} =	0 kgm		
momento alla base del pilastro M _x (momento peso portante)	M _{bx} =	1.79.40 kgm		
taglio alla base del pilastro T _y	T _y =	1.482 kg		
momento alla base del pilastro M _y (momento vento)	M _{by} =	0 kgm		
taglio alla base del pilastro T _x (vento)	T _x =	0 kg		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Posizione asse neutro	$x =$	72.60 mm
	$\kappa =$	0.344
M _k sezione di semplice armatura	$M_{k,ed} =$	0.00 kNm
Momento resistente $M_{r,ed} + M_{l,ed}$	$M_{r,ed} =$	786.76 kNm
Verifica di resistenza $IR = M_{s,ed}/M_{r,ed} < 1$	$IR =$	0.16 < 1
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		
momento ribaltante di progetto in direzione del vento	$M_{v,ed} =$	0 kgm
momento ribaltante di progetto in direzione del peso	$M_{p,ed} =$	17940 kgm
momento stabilizzante in direzione del vento $M_{v,ed} = P_p \cdot a/2$	$M_{v,ed} =$	25100.4 kgm
momento stabilizzante in direzione del peso $M_{p,ed} = P_p \cdot b/2$	$M_{p,ed} =$	25100.4 kgm
verifica al ribaltamento in direzione del vento $IR_v = M_{v,ed}/M_{v,ed}$	$IR_v =$	0.00 < 1
verifica al ribaltamento in direzione del peso $IR_p = M_{p,ed}/M_{v,ed}$	$IR_p =$	0.71 < 1
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		
APPROCCIO 1 (A2+M2+R2) GEO		
coefficiente di attrito $\mu = \tan \psi / \gamma_k = \tan 30 / 1.25$	$\mu =$	0.46
carico stabilizzante	$N_{ed} =$	19308 kg
forza tagliante vento	$V_{ed} =$	1482 kg
verifica allo scorrimento $IR_s = \mu N_{ed} / V_{ed} > 1.1$	$IR_s =$	5.99 > 1.1

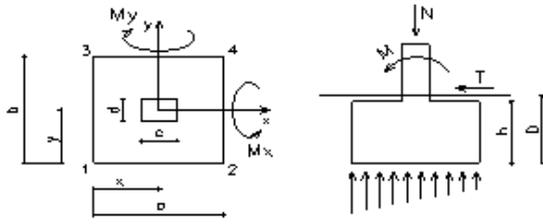
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0 <i>Data</i> 20/06/2011

3.6.4 Plinto superficiale per palo di illuminazione stradale su rilevato

PLINTO PALO ILLUMINAZIONE STRADALE SU RILEVATO

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI					
calcestruzzo C25/30	f_{ct}	25 N/mm ²	R_{ct}	30 N/mm ²	
	γ_c	1.5	$\sigma_{ctd} = 0.8 \frac{R_{ct}}{\gamma_c}$	14.11 N/mm ²	
peso specifico calcestruzzo	γ_{cs}	25 kN/m ³	$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.27 \cdot R_{ct}^{2/3}$	1.82 N/mm ²	
			$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.22 N/mm ²	
			$\tau_{ctd} = 0.2 \frac{R_{ct}}{\gamma_c}$	0.30 N/mm ²	
acciaio B 450C	γ_s	1.15	f_{yk}	480 N/mm ²	
			$f_{td} = f_{yk} / \gamma_s$	391.3 N/mm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE						
soletta	$a =$	110 cm	$b =$	110 cm	$h =$	100 cm
baricentro pilastro	$x =$	55 cm	$y =$	55 cm	$h' =$	90 cm
pilastro	$c =$	12 cm	$d =$	12 cm		
profondità plinto	$D =$	110 cm				
coprifreno	$c =$	10 cm				



PARAMETRI GEOTECCNICI	
peso terreno	$\gamma =$ 1800 kg/m ³
coesione	$c_u =$ 0 kg/cm ²
angolo d'attrito	$\phi =$ 30 °
$N_a = e^{(\tan \phi \cdot \pi)} \cdot \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$	$N_a =$ 18.40
$N_c = (N_a - 1) \cdot \cot \phi$	$N_c =$ 30.14
$N_s = 2(N_a + 1) \cdot \tan \phi$	$N_s =$ 22.40

COMBINAZIONE DI CARICO (Peso proprio+vento X)	
parametri di sollecitazione al piede del pilastro	
carico N	N = 176 kg
peso plinto ($\gamma_{cs} \cdot a \cdot b \cdot h$) * 0.9	Pp = 2723 kg
momenti per eccentricità del carico N	Mex = 0 kgm
	MeY = 0 kgm
momento alla base del pilastro Mx	Mx = 0 kgm
taglio alla base del pilastro Ty	Ty = 0 kg
momento alla base del pilastro My	My = 1268 kgm
taglio alla base del pilastro Tx (vento)	Tx = 192 kg

RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

parametri di sollecitazione alla base del plinto	
forzo normale alla base del plinto ($N_d = (N + P_p)$)	$N_d = 2899$ kg
momento alla base del plinto ($M_{dx} = M_x + T_y \cdot h + M_{ex}$)	$M_{dx} = 0$ kgm
momento alla base del plinto ($M_{dy} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey}$)	$M_{dy} = 1460$ kgm
eccentricità ($e_x = M_{dx} / N_d$)	$e_x = 50.37$ cm $> a/6$
eccentricità ($e_y = M_{dy} / N_d$)	$e_y = 0.00$ cm $\leq b/6$
larghezza plinto ridotta $B_r = a - 2e_x$	$B_r = 9.26$ cm
lunghezza plinto ridotta $L_r = b - 2e_y$	$L_r = 110.00$ cm
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)	
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{so} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_f + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_s \cdot s_s \cdot d_s \cdot i_s$	APPROCCIO 2 (A1+M1+R3) $q_{ult} = 10.40$ kg/cm ²
coefficiente di sicurezza (approccio 2)	$\gamma_r = 2.3$
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot B_r \cdot L_r / \gamma_r$	$N_u = 4603$ kg
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u$	$IR = 0.63 \leq 1$

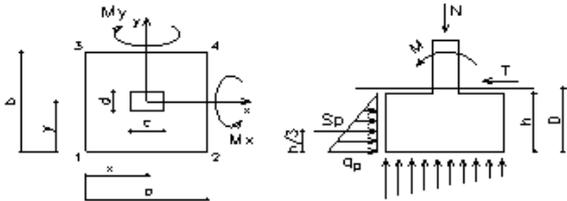
COMBINAZIONE DI CARICO (Peso proprio+vento Y)	
parametri di sollecitazione al piede del pilastro	
carico N	$N = 176$ kg
peso plinto $(\gamma_{st} \cdot a \cdot b \cdot h) \cdot 0.9$	$P_p = 2723$ kg
momenti per eccentricità del carico N	$M_{ex} = 0$ kgm $M_{ey} = 0$ kgm
momento alla base del pilastro M_x	$M_x = 1207$ kgm
taglio alla base del pilastro T_y	$T_y = 192$ kg
momento alla base del pilastro M_y	$M_y = 0$ kgm
taglio alla base del pilastro T_x	$T_x = 0$ kg
parametri di sollecitazione alla base del plinto	
forzo normale alla base del plinto ($N_d = N + P_p$)	$N_d = 2899$ kg
momento alla base del plinto ($M_{dx} = M_x + T_y \cdot h + M_{ex}$)	$M_{dx} = 1399$ kgm
momento alla base del plinto ($M_{dy} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey}$)	$M_{dy} = 0$ kgm
eccentricità ($e_x = M_{dx} / N_d$)	$e_x = 0.00$ cm $\leq a/6$
eccentricità ($e_y = M_{dy} / N_d$)	$e_y = 48.27$ cm $> b/6$
larghezza ridotta $B_r = a - 2e_x$	$B_r = 110.00$ cm
lunghezza ridotta $L_r = b - 2e_y$	$L_r = 13.47$ cm
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)	
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{so} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_f + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_s \cdot s_s \cdot d_s \cdot i_s$	APPROCCIO 2 (A1+M1+R3) $q_{ult} = 10.40$ kg/cm ²
coefficiente di sicurezza (approccio 2)	$\gamma_r = 2.3$
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot B_r \cdot L_r / \gamma_r$	$N_u = 6696$ kg
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u$	$IR = 0.43 \leq 1$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PRESSIONI SUL TERRENO SLU			
reazione media sul terreno ($\sigma = N/A$)		$\sigma =$	0.24 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_1		$\sigma_1 =$	3.79 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_2		$\sigma_2 =$	0.00 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_3		$\sigma_3 =$	3.79 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_4		$\sigma_4 =$	0.00 kg/cm ²
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			
momento ribaltante di progetto direzione X		$M_{y,3d} =$	1460 kgm
momento stabilizzante in direzione X	$M_{y,td} = P_D \cdot a/2$	$M_{y,td} =$	1594 kgm
verifica al ribaltamento in direzione X $IR_x = M_{y,3d}/M_{y,td}$		$IR_x =$	0.92 <1
momento ribaltante di progetto direzione Y		$M_{x,3d} =$	1399 kgm
momento stabilizzante in direzione Y	$M_{x,td} = P_D \cdot b/2$	$M_{x,td} =$	1594 kgm
verifica al ribaltamento in direzione Y $IR_y = M_{x,3d}/M_{x,td}$		$IR_y =$	0.88 <1
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			
APPROCCIO 1 (A2+M2+R2) GEO			
coefficiente di attrito $\mu = \tan \phi / \gamma_b = \tan 30^\circ / 1.25$		$\mu =$	0.46
carico stabilizzante		$N_d =$	2899 kg
forza tagliante vento		$V_d =$	192 kg
verifica allo scorrimento $IR_s = \mu N_{3d} / V_{3d} > 1.1$		$IR_s =$	6.94 >1.1
ARMATURA 6+6 staffe $\phi 12$			

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0 <i>Data</i> 20/06/2011

3.6.5 Plinto superficiale per palo di illuminazione stradale in trincea

PLINTO PALO ILLUMINAZIONE STRADALE IN TRINCEA			
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI			
calcestruzzo C25/30	f_{ct}	25 N/mm ²	R_{ct} 30 N/mm ²
	γ_c	1.5	$\sigma_{ed} = 0,85 f_{ct} / \gamma_c$ 14.11 N/mm ²
peso specifico calcestruzzo	γ_{ca}	25 kN/m ³	$f_{ct,td} = 0,7 \cdot 0,27 R_{ct}^{2/3}$ 1.82 N/mm ²
			$f_{ct,td} = f_{ct} / \gamma_c$ 1.22 N/mm ²
			$\tau_{ct,td} = 0,25 f_{ct,td}$ 0.30 N/mm ²
acciaio B 480 C	f_y	1.15	f_{yk} 480 N/mm ²
			$f_{yk} = f_{yk} / \gamma_s$ 391.3 N/mm ²
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE			
soletta	$a =$	100 cm	$b =$ 100 cm $h =$ 100 cm
baricentro pilastro	$x =$	50 cm	$y =$ 50 cm $h' =$ 90 cm
pilastro	$c =$	12 cm	$d =$ 12 cm
profondità plinto	$D =$	110 cm	
copriferrato	$c =$	10 cm	
			
PARAMETRI GEOTECNICI			
peso terreno	$\gamma =$	1800 kg/m ³	
coesione	$c_u =$	0 kg/cm ²	
angolo d'attrito	$\phi =$	30 °	
angolo d'attrito per spinta passiva	$\phi_b =$	25 °	
$N_a = e^{(9-\phi)/10} \cdot \gamma \cdot z^2 \cdot (45 + \phi/2)$	$N_a =$	18.40	
$N_c = (N_a - 1) \cdot \cot \phi$	$N_c =$	30.14	
$N_s = 2(N_a + 1) \cdot \tan \phi$	$N_s =$	22.40	
COMBINAZIONE DI CARICO (Peso proprio+vento X+spinta passiva)			
parametri di sollecitazione al piede del pilastro			
carico N	$N =$	176 kg	
peso plinto $(\gamma_{ca} \cdot a \cdot b \cdot h) \cdot 0.9$	$P_p =$	2250 kg	
coefficiente di spinta passiva $K_p = (\tan(45 + \phi_b/2) / \gamma_p)^2$	$K_p =$	1.88	
spinta passiva $q_p = K_p \cdot \gamma \cdot h$	$q_p =$	2844 kg/m ²	
spinta passiva $S_p = q_p \cdot h / 2 \cdot b$	$S_p =$	1422 kg	
momento alla base del pilastro M_x	$M_x =$	0 kgm	
taglio alla base del pilastro T_y	$T_y =$	0 kg	

RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

momento alla base del pilastro M_y	$M_y =$	1268 kgm
taglio alla base del pilastro T_x (vento)	$T_x =$	192 kg
parametri di sollecitazione alla base del plinto		
sfuerzo normale alla base del plinto ($N_d = (N+P_p)$)	$N_d =$	2426 kg
momento spinta passiva alla base del plinto	$M_p =$	474 kgm
momento alla base del plinto ($M_{dx} = M_x + T_y \cdot h$)	$M_{dx} =$	0 kgm
momento alla base del plinto ($M_{dy} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey} - M_p$)	$M_{dy} =$	986 kgm
eccentricità ($e_x = M_{dx} / N_d$)	$e_x =$	40.64 cm $> b/6$
eccentricità ($e_y = M_{dy} / N_d$)	$e_y =$	0.00 cm $\leq b/6$
larghezza plinto ridotta $B_r = \alpha \cdot 2e_x$	$B_r =$	18.71 cm
lunghezza plinto ridotta $L_r = b - 2e_y$	$L_r =$	100.00 cm
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)		
$q_{ult} = \alpha_s \cdot N_d \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{sa} + \gamma \cdot D \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d / \gamma_s + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_s \cdot s_s \cdot d_s \cdot i_s$	APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)	
coefficienti di sicurezza (approccio 2)	$q_{ult} =$	8.65 kg/cm ²
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot B_r \cdot L_r / \gamma_s$	$\gamma_s =$	2.3
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u$	$N_u =$	7034 kg
	$IR =$	0.34 ≤ 1

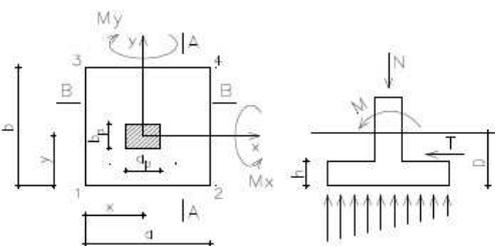
PRESSIONI SUL TERRENO SLU		
reazione media sul terreno ($\sigma = N/A$)	$\sigma =$	0.24 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_1	$\sigma_1 =$	1.73 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_2	$\sigma_2 =$	0.00 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_3	$\sigma_3 =$	1.73 kg/cm ²
reazione sul terreno σ_4	$\sigma_4 =$	0.00 kg/cm ²
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		
momento ribaltante di progetto direzione X	$M_{y,rd} =$	986 kgm
momento stabilizzante in direzione X $M_{y,rd} = P_p \cdot \alpha / 2$	$M_{y,rd} =$	1213 kgm
verifica al ribaltamento in direzione X $IR_s = M_{y,rd} / M_{y,rd}$	$IR_s =$	0.81 < 1
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		
APPROCCIO 1 (A2+M2+R2) GEO		
coefficiente di attrito $\mu = \tan \phi / \gamma_b = \tan 30^\circ / 1.25$	$\mu =$	0.46
carico stabilizzante	$N_d =$	2426 kg
forza tagliante vento	$V_d =$	192 kg
verifica allo scorrimento $IR_s = \mu N_d / V_d > 1.1$	$IR_s =$	5.81 > 1.1

ARMATURA 6+6 staffe $\phi 12$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.6.6 Plinto superficiale per torre di sostegno antenne radio

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI				
calcestruzzo C25/30	f_{ck}	25 N/mm ²	R_{ck}	30 N/mm ²
	γ_c	1.5	$\alpha f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_c$	14.11 N/mm ²
peso specifico calcestruzzo	γ_{ois}	25 kN/m ³	$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.27 \cdot R_{ck}^{2/3}$	1.82 N/mm ²
			$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.22 N/mm ²
acciaio B 450C	γ_s	1.15	$\tau_{Rd} = 0.25 f_{ctd}$	0.30 N/mm ²
			f_{yk}	450 N/mm ²
			$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.3 N/mm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE		
	soletta	a = 380 cm
		b = 380 cm
	baricentro pilastro	x = 190 cm
		y = 190 cm
	pilastro	$a_p = 80$ cm
		$b_p = 80$ cm
		h = 120 cm
	copriferro	c = 4 cm
		h' = 116 cm
	profondità plinto	D = 130 cm

PARAMETRI GEOTECNICI		
peso terreno	γ	18 kN/m ³
coesione	c_u	0 N/cm ²
angolo d'attrito	ϕ	30 °
$N_q = e^{(\rho \cdot \tan \phi)} \cdot \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$	N_q	18.40
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	N_c	30.14
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	N_γ	22.40

COMBINAZIONE DI CARICO 1 (SLU STATICA)		
parametri di sollecitazione al piede del pilastro		
carico N	N =	47706 N
peso plinto ($\gamma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot h$) * 1.3	Pp =	563160 N
momenti per eccentricità del carico N	Mex =	0 Nm
	Mey =	0 Nm
momento alla base del pilastro Mx	Mx =	3733 Nm
taglio alla base del pilastro Ty	Ty =	0 N
momento alla base del pilastro My	My =	701472 Nm
taglio alla base del pilastro Tx	Tx =	49729 N
parametri di sollecitazione alla base del plinto		
sfuerzo normale alla base del plinto ($N_d = (N + P_p)$)	N_d =	610866 N
momento alla base del plinto ($M_{dx} = M_x + T_y \cdot h + M_{ex}$)	M_{dx} =	3733 Nm
momento alla base del plinto ($M_{dy} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey}$)	M_{dy} =	761147 Nm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eccentricità ($e_x = M_{ay} / N_d$)	$e_x = 124.60$ cm	$> a/6$
eccentricità ($e_y = M_{ax} / N_d$)	$e_y = 0.61$ cm	$\leq b/6$
larghezza plinto ridotta $Br = a - 2e_x$	$Br = 130.80$ cm	
lunghezza plinto ridotta $Lr = b - 2e_y$	$Lr = 378.78$ cm	
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)		
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{cu} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_y + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y$	$q_{ult} = 1.27$ N/mm ²	APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)
coefficiente di sicurezza (approccio 2)	$\gamma_R = 2.3$	
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot Br \cdot Lr / \gamma_R$	$N_u = 2742190$ N	
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u < 1$	$IR = 0.22$	< 1

COMBINAZIONE DI CARICO 2 (SLU SISMICA)		
parametri di sollecitazione al piede del pilastro		
fattore di amplificazione	$\gamma_{rd} = 1$	struttura non dissipativa
carico N	$N = 36697$ N	
peso plinto ($\gamma_{ok} \cdot a \cdot b \cdot h$)	$P_p = 433200$ N	
momenti per eccentricità del carico N	$M_{ex} = 0$ Nm	
	$M_{ey} = 0$ Nm	
momento alla base del pilastro M_x	$M_x = 2477$ Nm	
taglio alla base del pilastro T_y	$T_y = 0$ N	
momento alla base del pilastro M_y	$M_y = 380572$ Nm	
taglio alla base del pilastro T_x	$T_x = 26953$ N	
parametri di sollecitazione alla base del plinto		
sforzo normale alla base del plinto ($N_d = (N + P_p) \cdot \gamma_{rd}$)	$N_d = 469897$ N	
momento alla base del plinto ($M_{ax} = M_x + T_y \cdot h + M_{ex}$) $\cdot \gamma_{rd}$	$M_{ax} = 2477$ Nm	
momento alla base del plinto ($M_{ay} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey}$) $\cdot \gamma_{rd}$	$M_{ay} = 412916$ Nm	
eccentricità ($e_x = M_{ay} / N_d$)	$e_x = 87.87$ cm	$> a/6$
eccentricità ($e_y = M_{ax} / N_d$)	$e_y = 0.53$ cm	$\leq b/6$
Larghezza ridotta $Br = a - 2e_x$	$Br = 204.25$ cm	
Lunghezza ridotta $Lr = b - 2e_y$	$Lr = 378.95$ cm	
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)		
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{cu} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_y + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y$	$q_{ult} = 1.27$ N/mm ²	APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)
coefficiente di sicurezza (approccio 2)	$\gamma_R = 2.3$	
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot Br \cdot Lr / \gamma_R$	$N_u = 4284090$ N	
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u < 1$	$IR = 0.11$	< 1
CALCOLO ARMATURE PLINTO CON LA COMBINAZIONE DI CARICO PIU' GRAVOSA 1 SLU STATICA		
reazione media sul terreno ($\sigma_f = N/A$)	$\sigma_f = 0.042$ N/mm ²	
reazione sul terreno σ_1	$\sigma_1 = 0.164$ N/mm ²	
reazione sul terreno σ_2	$\sigma_2 = 0.000$ N/mm ²	
reazione sul terreno σ_3	$\sigma_3 = 0.163$ N/mm ²	
reazione sul terreno σ_4	$\sigma_4 = 0.000$ N/mm ²	

RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

verifica a flessione sezione A-A

momento di progetto alla plinto

	ϕ	n	A(cm ²)
armatura tesa	16	16	32.17
	16	0	0.00
armatura compressa	16	16	

Mom. Resistente (armatura simm)

Armatura tesa rimanente (At-Ac)

Rapp.meccanico Atesa rimanente

Posizione asse neutro

M_e sezione a semplice armatura

Momento resistente $M_{rd1}+M_{rd2}$

Verifica di resistenza $IR=M_{sd}/M_{rd} < 1$

$$M_{sd} = 61 \text{ kNm}$$

$$A_s = 32.17 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = 32.17 \text{ cm}^2$$

$$M_{rd,1} = 1409.88 \text{ kNm}$$

$$A_s = 0 \text{ mm}^2$$

$$\omega_s = 0.0000 \text{ CAMPO A}$$

$$x = 76.56 \text{ mm}$$

$$\kappa = 0.344$$

$$M_{rd,2} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 1409.88 \text{ kNm}$$

$$IR = 0.04 < 1$$

verifica a flessione sezione B-B

Momento di progetto alla plinto

	ϕ	n	A(cm ²)
Armatura tesa	16	16	32.17
	16	0	0.00
Armatura compressa	16	16	

Mom. Resistente (armatura simm)

Armatura tesa rimanente (At-Ac)

Rapp.meccanico Atesa rimanente

Posizione asse neutro

M_e sezione a semplice armatura

Momento resistente $M_{rd1}+M_{rd2}$

Verifica di resistenza $IR=M_{sd}/M_{rd} < 1$

$$M_{sd} = 35 \text{ kNm}$$

$$A_s = 32.17 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = 32.17 \text{ cm}^2$$

$$M_{rd,1} = 1409.88 \text{ kNm}$$

$$A_s = 0 \text{ mm}^2$$

$$\omega_s = 0.0000 \text{ CAMPO A}$$

$$x = 76.56 \text{ mm}$$

$$\kappa = 0.344$$

$$M_{rd,2} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 1409.88 \text{ kNm}$$

$$IR = 0.02 < 1$$

verifica al punzonamento

perimetro medio $(u=2c+2d+2(1.5h') \pi$

sollecitazione di punzonamento

coefficiente di eccentricità del carico

rapporto geometrico d'armatura in direzione x

rapporto geometrico d'armatura in direzione y

rapporto ideale

valore di taglio per unità di lunghezza $v_{sd} = \beta V_{sd}/u$

resistenza a taglio per unità di lunghezza $v_{rd1} = \tau_{rd}k(1.2+40\rho_1)h'$

coefficiente di sicurezza $IR_{p1} = v_{sd}/v_{rd1} < 1$ senza armatura specifica

$$u = 1413 \text{ cm}$$

$$V_{sd} = 47706 \text{ N}$$

$$\beta = 1.5$$

$$\rho_{1x} = A_{s,x}/bh' = 0.00073$$

$$\rho_{1y} = A_{s,y}/ah' = 0.00073$$

$$\rho_1 = (\rho_{1x} \rho_{1y})^{0.5} = 0.00073$$

$$v_{sd} = 51 \text{ N/cm}$$

$$v_{rd1} = 1908 \text{ N/cm}$$

$$IR_{p1} = 0.03 < 1$$

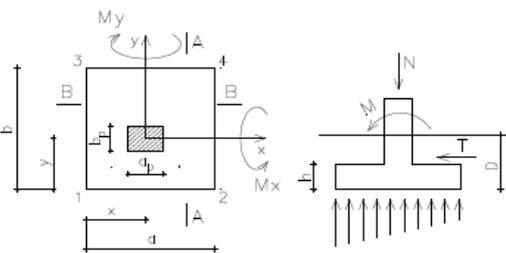
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COMBINAZIONE DI CARICO 3 (SLE)	
carico N	N = 36697 N
peso plinto ($\gamma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot h$)	P _p = 433200 N
momenti per eccentricità del carico N	M _{ex} = 0 Nm M _{ey} = 0 Nm
momento M _x	M _x = 2477 Nm
taglio T _y	T _y = 0 N
momento M _y	M _y = 126786 Nm
taglio T _x	T _x = 9600 N
sollecitazioni alla base del plinto	
sforzo normale alla base del plinto (N _p = N+P _p)	N _p = 469897 N
momento alla base del plinto (M _{ax} = M _x +T _y *h+M _{ex})	M _{ax} = 2477 Nm
momento alla base del plinto (M _{ay} = M _y +T _x *h+M _{ey})	M _{ay} = 138306 Nm
verifica allo schiacciamento	
pressione ammissibile q _{amm} = q _{ult} /3	q _{amm} = 0.424 N/mm ²
reazione media sul terreno ($\sigma_1 = N/A$)	σ_1 = 0.033 N/mm ²
eccentricità e _x	e _x = 29.43 cm <= a/6
eccentricità e _y	e _y = 0.53 cm <= b/6
reazione sul terreno σ_1	σ_1 = 0.048 N/mm ²
reazione sul terreno σ_2	σ_2 = 0.018 N/mm ²
reazione sul terreno σ_3	σ_3 = 0.047 N/mm ²
reazione sul terreno σ_4	σ_4 = 0.017 N/mm ²
VERIFICA AL RIBALTAMENTO (STATO LIMITE EQU)	
carico N (colonna)	N = 36697 N
peso plinto ($\gamma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot h$)	P _p = 433200 N
larghezza plinto	a = 380 cm
momento ribaltante in direzione del vento	M _{v,sd} = 701472 Nm
momento stabilizzante M _{v,Rd} = 0.9*(N+P _p)*a/2	M _{v,Rd} = 803523.9 Nm
verifica al ribaltamento in direzione del vento IR _v = M _{v,sd} /M _{v,Rd} < 1	IR _v = 0.87 < 1
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO	
APPROCCIO 1 (A2+M2+R2) GEO	
coefficiente di attrito $\mu = \tan \phi / \gamma_b = \tan 30^\circ / 1.25$	μ = 0.46
carico stabilizzante N _d = N+P _p	N _d = 469897 N
forza tagliente vento V _d	V _d = 49729 N
verifica allo scorrimento IR _s = $\mu N_{sd} / V_{sd} > 1.1$	IR _s = 4.35 > 1.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.6.7 Plinto superficiale per palo di supporto telecamere

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI				
calcestruzzo C25/30	f_{ck}	25 N/mm ²	R_{ck}	30 N/mm ²
	γ_c	1.5	$\alpha f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c$	14.11 N/mm ²
peso specifico calcestruzzo	γ_{ols}	25 kN/m ³	$f_{ctk} = 0,7 * 0,27 * R_{ck}^{2/3}$	1.82 N/mm ²
			$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.22 N/mm ²
			$\tau_{Rd} = 0,25 f_{ctd}$	0.30 N/mm ²
acciaio B 450C	γ_s	1.15	f_{yk}	450 N/mm ²
			$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.3 N/mm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE		
	soletta	a = 190 cm
		b = 190 cm
	baricentro pilastro	x = 95 cm
		y = 95 cm
	pilastro	a _p = 50 cm
		b _p = 50 cm
		h = 100 cm
	copriferro	c = 4 cm
		h' = 96 cm
	profondità plinto	D = 110 cm

PARAMETRI GEOTECNICI		
peso terreno	γ	18 kN/m ³
coesione	c_u	0 N/cm ²
angolo d'attrito	ϕ	30 °
$N_q = e^{(p+q)\phi} * tg^2(45+\phi/2)$	N_q	18.40
$N_c = (N_q - 1) \cotg\phi$	N_c	30.14
$N_\gamma = 2(N_q+1)tg\phi$	N_γ	22.40

COMBINAZIONE DI CARICO 1 (SLU STATICA)		
parametri di sollecitazione al piede del pilastro		
carico N	N =	7593 N
peso plinto ($\gamma_{ck} * a * b * h$) * 1,3	P _p =	117325 N
momenti per eccentricità del carico N	M _{ex} =	0 Nm
	M _{ey} =	0 Nm
momento alla base del pilastro M _x	M _x =	1606 Nm
taglio alla base del pilastro T _y	T _y =	0 N
momento alla base del pilastro M _y	M _y =	59629 Nm
taglio alla base del pilastro T _x	T _x =	8316 N
parametri di sollecitazione alla base del plinto		
sforzò normale alla base del plinto (N _d = (N+P _p))	N _d =	124918 N
momento alla base del plinto (M _{ax} = M _x + T _y * h + M _{ex})	M _{ax} =	1606 Nm
momento alla base del plinto (M _{ay} = M _y + T _x * h + M _{ey})	M _{ay} =	67945 Nm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE		<i>Codice documento</i> CS0875_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eccentricità ($e_x = M_{ay} / N_d$)	$e_x =$	54.39 cm	$> a/6$
eccentricità ($e_y = M_{ax} / N_d$)	$e_y =$	1.29 cm	$\leq b/6$
larghezza plinto ridotta $Br = a - 2e_x$	$Br =$	81.22 cm	
lunghezza plinto ridotta $Lr = b - 2e_y$	$Lr =$	187.43 cm	
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)		APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)	
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{cu} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_y + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y$	$q_{ult} =$	1.00	N/mm ²
coefficiente di sicurezza (approccio 2)	$\gamma_R =$	2.3	
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot Br \cdot Lr / \gamma_R$	$N_u =$	659619 N	
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u < 1$	$IR =$	0.19	< 1

COMBINAZIONE DI CARICO 2 (SLU SISMICA)			
parametri di sollecitazione al piede del pilastro			
fattore di amplificazione	$\gamma_{Rd} = 1$	struttura non dissipativa	
carico N	N =	5841 N	
peso plinto ($\gamma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot h$)	$P_p =$	90250 N	
momenti per eccentricità del carico N	$M_{ex} =$	0 Nm	
	$M_{ey} =$	0 Nm	
momento alla base del pilastro M_x	$M_x =$	1063 Nm	
taglio alla base del pilastro T_y	$T_y =$	0 N	
momento alla base del pilastro M_y	$M_y =$	35794 Nm	
taglio alla base del pilastro T_x	$T_x =$	5260 N	
parametri di sollecitazione alla base del plinto			
sforzo normale alla base del plinto ($N_d = (N + P_p) \cdot \gamma_{Rd}$)	$N_d =$	96091 N	
momento alla base del plinto ($M_{ax} = M_x + T_y \cdot h + M_{ex} \cdot \gamma_{Rd}$)	$M_{ax} =$	1063 Nm	
momento alla base del plinto ($M_{ay} = M_y + T_x \cdot h + M_{ey} \cdot \gamma_{Rd}$)	$M_{ay} =$	41054 Nm	
eccentricità ($e_x = M_{ay} / N_d$)	$e_x =$	42.72 cm	$> a/6$
eccentricità ($e_y = M_{ax} / N_d$)	$e_y =$	1.11 cm	$\leq b/6$
Larghezza ridotta $Br = a - 2e_x$	$Br =$	104.55 cm	
Lunghezza ridotta $Lr = b - 2e_y$	$Lr =$	187.79 cm	
VERIFICA AL CARICO LIMITE ULTIMO (FORMULA DI VESIC)		APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)	
$q_{ult} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_{cu} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_y + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y$	$q_{ult} =$	1.00	N/mm ²
coefficiente di sicurezza (approccio 2)	$\gamma_R =$	2.3	
carico ultimo plinto $N_u = q_{ult} \cdot Br \cdot Lr / \gamma_R$	$N_u =$	850767 N	
coefficiente di sicurezza $IR = N_d / N_u < 1$	$IR =$	0.11	< 1

CALCOLO ARMATURE PLINTO CON LA COMBINAZIONE DI CARICO PIU' GRAVOSA 1 SLU STATICA			
reazione media sul terreno ($\sigma_t = N/A$)	$\sigma_t =$	0.035	N/mm ²
reazione sul terreno σ_1	$\sigma_1 =$	0.109	N/mm ²
reazione sul terreno σ_2	$\sigma_2 =$	0.001	N/mm ²
reazione sul terreno σ_3	$\sigma_3 =$	0.107	N/mm ²
reazione sul terreno σ_4	$\sigma_4 =$	0.000	N/mm ²

RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO DELLE APPARECCHIATURE IMPIANTISTICHE

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

verifica a flessione sezione A-A				
momento di progetto ala plinto				$M_{sd} = 4 \text{ kNm}$
	ϕ	n	A(cm ²)	
armatura tesa	16	8	16.08	$A_s = 16.08 \text{ cm}^2$
	16	0	0.00	$A'_s = 16.08 \text{ cm}^2$
armatura compressa	16	8		$M_{rd,1} = 579.06 \text{ kNm}$
Mom. Resistente (armatura simm)				$A_s = 0 \text{ mm}^2$
Armatura tesa rimanente (At-Ac)				$\omega_s = 0.0000 \text{ CAMPO A}$
Rapp.meccanico Atesa rimanente				$x = 63.36 \text{ mm}$
Posizione asse neutro				$\kappa = 0.344$
M _p sezione a semplice armatura				$M_{rd,2} = 0.00 \text{ kNm}$
momento resistente $M_{rd1} + M_{rd2}$				$M_{rd} = 579.06 \text{ kNm}$
Verifica di resistenza $IR = M_{sd}/M_{rd} < 1$				$IR = 0.01 < 1$
verifica a flessione sezione B-B				
Momento di progetto ala plinto				$M_{sd} = 3 \text{ kNm}$
	ϕ	n	A(cm ²)	
Armatura tesa	16	8	16.08	$A_s = 16.08 \text{ cm}^2$
	16	0	0.00	$A'_s = 16.08 \text{ cm}^2$
Armatura compressa	16	8		$M_{rd,1} = 579.06 \text{ kNm}$
Mom. Resistente (armatura simm)				$A_s = 0 \text{ mm}^2$
Armatura tesa rimanente (At-Ac)				$\omega_s = 0.0000 \text{ CAMPO A}$
Rapp.meccanico Atesa rimanente				$x = 63.36 \text{ mm}$
Posizione asse neutro				$\kappa = 0.344$
M _p sezione a semplice armatura				$M_{rd,2} = 0.00 \text{ kNm}$
Momento resistente $M_{rd1} + M_{rd2}$				$M_{rd} = 579.06 \text{ kNm}$
Verifica di resistenza $IR = M_{sd}/M_{rd} < 1$				$IR = 0.004 < 1$
verifica al punzonamento				
perimetro medio ($u=2c+2d+2(1.5h') \pi$)				$u = 1105 \text{ cm}$
sollecitazione di punzonamento				$V_{sd} = 7593 \text{ N}$
coefficiente di eccentricità del carico				$\beta = 1.5$
rapporto geometrico d'armatura in direzione x				$\rho_{1x} = A_s \cdot x / bh' = 0.000882$
rapporto geometrico d'armatura in direzione y				$\rho_{1y} = A_s \cdot y / ah' = 0.000882$
rapporto ideale				$\rho_1 = (\rho_{1x} \rho_{1y})^{0.5} = 0.000882$
valore di taglio per unità di lunghezza $v_{sd} = \beta V_{sd} / u$				$v_{sd} = 10 \text{ N/cm}$
resistenza a taglio per unità di lunghezza $v_{rd1} = \tau_{rdk}(1.2+40\rho_1)h'$				$v_{rd1} = 2308 \text{ N/cm}$
coefficiente di sicurezza $IR_{p1} = v_{sd}/v_{rd1} < 1$ senza armatura specifica				$IR_{p1} = 0.004 < 1$

**RELAZIONE DI CALCOLO PLINTI DI
FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO
DELLE APPARECCHIATURE
IMPIANTISTICHE**

Codice documento
CS0875_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

COMBINAZIONE DI CARICO 3 (SLE)	
carico N	N = 5841 N
peso plinto ($\gamma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot h$)	P _p = 90250 N
momenti per eccentricità del carico N	M _{ex} = 0 Nm M _{ey} = 0 Nm
momento M _x	M _x = 1063 Nm
taglio T _y	T _y = 0 N
momento M _y	M _y = 14602 Nm
taglio T _x	T _x = 2160 N
sollecitazioni alla base del plinto	
sforzo normale alla base del plinto (N _p = N+P _p)	N _p = 96091 N
momento alla base del plinto (M _{ax} = M _x + T _y * h + M _{ex})	M _{ax} = 1063 Nm
momento alla base del plinto (M _{ay} = M _y + T _x * h + M _{ey})	M _{ay} = 16762 Nm
verifica allo schiacciamento	
pressione ammissibile q _{amm} = q _{ult} /3	q _{amm} = 0.332 N/mm ²
reazione media sul terreno ($\sigma_1 = N/A$)	σ_1 = 0.027 N/mm ²
eccentricità e _x	e _x = 17.44 cm <= a/6
eccentricità e _y	e _y = 1.11 cm <= b/6
reazione sul terreno σ_1	σ_1 = 0.042 N/mm ²
reazione sul terreno σ_2	σ_2 = 0.013 N/mm ²
reazione sul terreno σ_3	σ_3 = 0.040 N/mm ²
reazione sul terreno σ_4	σ_4 = 0.011 N/mm ²
VERIFICA AL RIBALTAMENTO (STATO LIMITE EQU)	
carico N (colonna)	N = 5841 N
peso plinto ($\gamma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot h$)	P _p = 90250 N
larghezza plinto	a = 190 cm
momento ribaltante in direzione del vento	M _{v,sd} = 59629 Nm
momento stabilizzante M _{v,Rd} = 0.9 * (N+P _p) * a/2	M _{v,Rd} = 82158 Nm
verifica al ribaltamento in direzione del vento IR _v = M _{v,sd} /M _{v,Rd} < 1	IR _v = 0.73 < 1
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO	
APPROCCIO 1 (A2+M2+R2) GEO	
coefficiente di attrito $\mu = \tan \phi / \gamma_b = \tan 30^\circ / 1.25$	μ = 0.46
carico stabilizzante N _d = N+P _p	N _d = 96091 N
forza tagliante vento V _d	V _d = 8316 N
verifica allo scorrimento IR _s = $\mu N_{sd} / V_{sd} > 1.1$	IR _s = 5.32 > 1.1