



Città
metropolitana
di Milano

Westfield

WESTFIELD MILAN S.p.a.
C.so Giacomo Matteotti, 10
20121 Milano

ACCORDO DI PROGRAMMA
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 22.05.2009 N.5095)
PRIMO ATTO INTEGRATIVO
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 29.03.2010 N.3148)

POTENZIAMENTO DELLA S.P. N.103
"ANTICA DI CASSANO"
1° LOTTO - 2° STRALCIO
TRATTA B

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO elaborato :				Cod. Elaborato:
<u>OPERE COMPLEMENTARI</u> <u>SEGNALETICA</u> Portali segnaletica - relazione di calcolo				F.01.12
CODICE WM :				Scala:
WM-ERR-TB-00-RP-C-95269				
	Redatto	Controllato	Approvato	Data:
	PALADIN	VISCHIONI	RINALDI	Maggio 2015

Revisioni	Redatto	Controllato	Approvato	DATA:
A	PALADIN	VISCHIONI	RINALDI	VERIFICA - SETT. 2015
B				
C				
D				

Progettazione :



Il Direttore Tecnico
Dott. Ing. Alberto RINALDI

Visto

Visto

WESTFIELD MILAN S.p.a.
C.so Giacomo Matteotti, 10
20121 Milano

.....

.....

INDICE

1.	PREMESSE	6
2.	RIFERIMENTI LEGISLATIVI	7
2.1	Normativa tecnica di riferimento	7
2.1.1	Geotecnica	7
2.1.2	Materiali	7
2.1.3	Costruzioni in c.a. e acciaio	7
2.1.4	Ponti stradali	8
2.1.5	Sismica	8
2.2	Normativa tecnica vigente	8
2.3	Bibliografia e altri riferimenti	8
3.	MATERIALI	9
3.1	Durabilità dei materiali	11
3.1.1	Conglomerati cementizi	11
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
4.1	Stratigrafie di riferimento	12
4.2	Stratigrafie di calcolo	15
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	17
5.1	Periodo di riferimento per l'azione sismica	17
5.2	Parametri sismici di base	17
5.3	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	18
5.3.1	Coefficiente di amplificazione stratigrafica	18
5.3.2	Coefficiente di amplificazione topografica	18
5.4	Spettri di risposta	19
6.	ANALISI DEI CARICHI	20
6.1	Peso proprio struttura portante in acciaio	20
6.2	Carichi permanenti	20
6.3	Azione del vento	20
6.4	Azione della neve	23
6.5	Azioni sismiche	23
7.	COMBINAZIONI DI CARICO	24
8.	SOSTEGNO A BANDIERA L = 15.50 m	25
8.1	Schema di calcolo	26
8.2	Modi di vibrare in fase sismica	28
8.3	Verifiche strutturali	29
8.3.1	Profili scatolari in acciaio	29
8.3.1.1	Verifiche del montante	29
8.3.1.2	Verifiche del trasverso	30
8.3.2	Giunti flangiati	32
8.3.3	Tirafondi e piastra di base	35
8.3.3.1	Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)	36
8.3.3.2	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)	37
8.3.3.3	Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)	39
8.3.3.4	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento)	40
8.3.4	Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)	41
8.4	Deformazioni	42
8.5	Analisi e dimensionamento fondazioni dirette	43
8.5.1	Verifiche allo SLU	43
8.5.2	Descrizione verifica di capacità portante	44
8.6	Verifica fondazione diretta	48
8.6.1	Verifica di capacità portante	48
8.6.2	Verifica a scorrimento	51
8.6.3	Verifica al ribaltamento	52
8.6.4	Armatura dado plinto di fondazione	53
8.6.5	Armatura plinto di fondazione	58
9.	SOSTEGNO A BANDIERA L = 12.50 m	60
9.1	Schema di calcolo	61
9.2	Modi di vibrare in fase sismica	63

9.3	Verifiche strutturali.....	64
9.3.1	Profili scatolari in acciaio	64
9.3.1.1	Verifiche del montante.....	64
9.3.1.2	Verifiche del traverso.....	65
9.3.2	Giunti flangiati.....	67
9.3.3	Tirafondi e piastra di base	70
9.3.3.1	Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)	71
9.3.3.2	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)	72
9.3.3.3	Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)	74
9.3.3.4	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento).....	75
9.3.4	Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)	76
9.4	Deformazioni	77
9.5	Verifica fondazione diretta.....	78
9.5.1	Verifica di capacità portante.....	78
9.5.2	Verifica a scorrimento	81
9.5.3	Verifica al ribaltamento	82
9.5.4	Armatura dado plinto di fondazione	83
9.5.5	Armatura plinto di fondazione.....	88
10.	SOSTEGNO A BANDIERA L = 7.0 m	90
10.1	Schema di calcolo	91
10.2	Modi di vibrare in fase sismica	93
10.3	Verifiche strutturali.....	94
10.3.1	Profili scatolari in acciaio	94
10.3.1.1	Verifiche del montante.....	94
10.3.1.2	Verifiche del traverso.....	95
10.3.2	Giunti flangiati.....	96
10.3.3	Tirafondi e piastra di base	99
10.3.3.1	Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)	100
10.3.3.2	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)	101
10.3.3.3	Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)	103
10.3.3.4	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento).....	104
10.3.4	Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)	105
10.4	Deformazioni	106
10.5	Analisi e verifiche fondazione diretta	107
10.5.1	Verifica di capacità portante.....	107
10.5.2	Verifica a scorrimento	110
10.5.3	Verifica al ribaltamento	111
10.5.4	Armatura dado plinto di fondazione	112
10.5.5	Armatura plinto di fondazione.....	117
11.	SOSTEGNO A BANDIERA L = 5.50 m (SV11).....	119
11.1	Schema di calcolo	120
11.2	Modi di vibrare in fase sismica	121
11.3	Verifiche strutturali.....	122
11.3.1	Profili scatolari in acciaio	122
11.3.1.1	Verifiche del traverso.....	122
11.3.2	Giunti flangiati.....	124
11.3.3	Tirafondi e piastra di base	127
11.3.3.1	Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)	128
11.3.3.2	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)	129
11.3.3.3	Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)	131
11.3.3.4	Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento).....	132
11.3.4	Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)	133
11.4	Deformazioni	134
12.	MONOPALO.....	135
1.1	Schema di calcolo	136
1.2	Modi di vibrare in fase sismica	138
1.3	Verifiche strutturali.....	139
12.1.1	Profili scatolari in acciaio	139
12.1.2	Verifiche del montante	140
12.1.3	Verifiche del traverso	141

12.1.4	Giunto	142
12.1.5	Tirafondi e piastra di base	144
12.1.6	Verifiche della piastra di base	145
12.1.7	Verifiche dei tirafondi	146
12.1.8	Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)	147
1.4	Deformazioni	148
12.2	Verifica fondazione diretta.....	149
12.2.1	Verifica di capacità portante.....	149
12.2.2	Verifica a scorrimento	152
12.2.3	Verifica al ribaltamento	153
12.2.4	Armatatura plinto di fondazione.....	154
13.	TARGHE ANCORATE ALLE STRUTTURE	156
13.1	Schema di calcolo	157
13.2	Verifiche strutturali.....	158
13.2.1	Profili scatolari in acciaio	158
13.2.1.1	Verifiche connettori.....	158
13.2.1.2	Verifiche trasverso	159
13.2.2	Ancoranti chimici e piastra di base	160
13.3	ALLEGATO 1: VERIFICHE TASSELLI CHIMICI	162

1. PREMESSE

La presente relazione riporta l'analisi dei sostegni per la segnaletica verticale presenti nel progetto esecutivo relativo al potenziamento della S.P. n.103 "Antica di Cassano".

Le tipologie dei sostegni utilizzati per la segnaletica verticale sono le seguenti:

Sostegni a bandiera con sbraccio di lunghezza massima pari a 7.0 m e una targa di area totale massima pari a 12 m²:

- Sostegno verticale "SV5" alla sez. 67 carreggiata sud - pk 1+605
- Sostegno verticale "SV6" alla sez. 123 carreggiata nord - pk 2+244

Sostegni a bandiera con sbraccio di lunghezza massima pari a 12.50 m e due targhe di area totale massima pari a 12+12 m²

- Sostegno verticale "SV4" alla sez. 59 carreggiata nord - pk 1+452
- Sostegno verticale "SV7" alla sez. 98 carreggiata nord - pk 2+394
- Sostegno verticale "SV9" alla sez. 123 carreggiata nord - pk 2+994
- Sostegno verticale "SV10" alla sez. 137 carreggiata nord - pk 3+319

Sostegni a bandiera con sbraccio di lunghezza massima pari a 15.50 m e tre targhe di area totale massima pari a 12+12+12 m²:

- Sostegno verticale "SV8" alla sez. 115 carreggiata nord - pk 2+819

Sostegni a bandiera con sbraccio di lunghezza massima pari a 5.50m una targa di area totale massima 12 m²:

- Sostegno verticale "SV11" alla sez. 30 carreggiata nord - pk 0+744

Monopali con una targa di area totale massima pari a 10 m²:

- Monopalo "MP1", "MP2", "MP3", "MP4", "MP5", "MP6", "MP7", "MP8", "MP9"

Sostegni con targhe di area totale massima pari a 10.50 m² ancorate alle strutture:

- Sostegno "SV1" ancorato alla galleria "GA02" carreggiata sud - pk 0+789
- Sostegno "SV2" ancorato alla galleria "GA02" carreggiata nord - pk 1+105
- Sostegno "SV3" ancorato al cavalcavia "CV01" carreggiata sud - pk 1+423

Di seguito si riporta l'analisi della carpenteria metallica principale e delle fondazioni di un manufatto rappresentativo per ogni tipologia sopra riportata, i risultati dei dimensionamenti così ottenuti vengono estesi a tutti i manufatti della medesima tipologia.

2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Si riportano nel seguito la normativa tecnica adottata per il dimensionamento delle opere strutturali.

2.1 Normativa tecnica di riferimento

2.1.1 Geotecnica

- Circ. Dir. Centr. Tecn. N°97/81 “Istruzioni relative alle Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegni delle terre e delle opere di fondazione”.
- D.M. 11.03.1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- Raccomandazioni AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce” ed. maggio 1993.
- Associazione Geotecnica Italiana [1984] - “Raccomandazioni sui pali di fondazione”
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”.

2.1.2 Materiali

- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 10025-2 aprile 2005 – “Prodotto laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”.
- UNI EN 1461 luglio 2009 – “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli d’acciaio – Specificazioni e metodi di prova”.
- UNI EN 14399-4 marzo 2007 – “Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato – Parte 4: Sistema HV – Assieme vite e dado esagonali”.
- UNI EN 14399-6 aprile 2015 – “Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato – Parte 6: Rondelle piane bisellate”.

2.1.3 Costruzioni in c.a. e acciaio

- Legge 5 Novembre 1971 N° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. 3 Dicembre 1987 - “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”;
- D.M. 09.01.1996 - “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche”
- Circolare LL.PP. 4 Luglio 1996 n° 156 AA.GG./S.T.C. – “Istruzioni per l’applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al D.M. 16.01.1996”;
- Circolare LL.PP. 10 Aprile, n° 65/AA.GG. – “Istruzioni per l’applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica» di cui al D.M. 16.01.1996”;
- D.M. 16.01.1996 - “Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- Istruzioni CNR-UNI 10011/97 – “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”
- Istruzioni CNR 10030/87 – “Anime irrigidite di travi a parete piena”
- Istruzioni CNR-UNI 10016/00 – “Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni”
- Istruzioni CNR 10018-85 – “Apparecchi di appoggio in gomma e in PTFE nelle costruzioni”
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;

- UNI EN 1991 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale”;
- UNI EN 1992 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”.

2.1.4 Ponti stradali

- D.M. 04/05/1990 - "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali”;
- Ministero LL.PP. 25/02/1991 - "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”;
- Istruzioni CNR-DT 207/2008 – “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”;
- UNI EN 1993 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio”.
- UNI EN 1994 (Eurocodice 4) – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo”.

2.1.5 Sismica

- Legge 2 Febbraio 1974 n.64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 - “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture - Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006 - “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- Ordinanza della protezione civile n.2788 del 12/06/1998 - “Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale” GU 146 del 25/06/1998
- Ordinanza 3274 del 20/03/03 del Consiglio dei ministri – Allegato 1 – “Criteri per l’individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”
- Ordinanza 3274 del 20/03/03 del Consiglio dei ministri – Allegato 4 – “Norme Tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni”
- Ordinanza n.3316 - Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

2.2 Normativa tecnica vigente

- D.M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare LL.PP. n°617 del 02/02/2009 - “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale (febbraio 2008) - “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive”.

2.3 Bibliografia e altri riferimenti

- Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- Migliacci – F. Mola – “Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.” - Masson Italia Editori 1985
- C. Cestelli Guidi - “Geotecnica e tecnica delle fondazioni” - Ulrico Hoepli Editore 1987
- R. Lancellotta – “Geotecnica” - Edizioni Zanichelli 1987
- Bowles J.E.: “Foundations Analysis and Design” 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- Bustamante M., Ganeselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

3. MATERIALI

Calcestruzzo per plinti di fondazione

Classe di resistenza	C25/30	-
Rapporto massimo acqua / cemento	0.50	-
Slump	S4	-
Diametro massimo inerte	32	mm
Classe di esposizione	XC2	-

Caratteristiche del calcestruzzo:

Resistenza caratt. a compressione cubica	R_{ck}	= -	=	30	N/mm ²
Resistenza caratt. a compressione cilind.	f_{ck}	= $0.83 R_{ck}$	=	25	N/mm ²
Resistenza media a compressione cilind.	f_{cm}	= $f_{ck}+8$	=	32.90	N/mm ²
Modulo elastico	E_c	= $22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	=	31447	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	f_{ctm}	= $0.3 f_{ck}^{2/3}$	=	2.56	N/mm ²
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)	f_{ctk}	= $0.7 f_{ctm}$	=	1.79	N/mm ²

Resistenze di calcolo a SLU:

Coeff. parziale di sicurezza	γ_c	= -	=	1.50	-
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata	α_{cc}	= -	=	0.85	-
Resistenza a compressione di calcolo	f_{cd}	= $\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	=	14.11	N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	f_{ctd}	= f_{ctk}/γ_c	=	1.19	N/mm ²

Resistenze di calcolo a SLE:

Massima compressione (Comb. Rara)	σ_c	= $0.60 f_{ck}$	=	14.94	N/mm ²
Massima compressione (Comb. Q.P.)	σ_c	= $0.45 f_{ck}$	=	11.21	N/mm ²

Acciaio per cemento armato

Tipo di acciaio	B450C	-
Copriferro minimo	40	mm
Sovrapposizioni continue	50	Ø

Caratteristiche dell'acciaio:

Tensione caratt. di rottura (fratt. 5%)	f_{tk}	= -	=	540.00	N/mm ²
Tensione caratt. di snervamento (fratt. 5%)	f_{yk}	= -	=	450.00	N/mm ²

Resistenze di calcolo a SLU:

Coeff. parziale di sicurezza	γ_s	= -	=	1.15	-
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd}	= f_{yk}/γ_s	=	391.30	N/mm ²

Resistenze di calcolo a SLE:

Tensione massima di trazione	σ_s	< $0.80 f_{yk}$	=	360.00	N/mm ²
------------------------------	------------	-----------------	---	--------	-------------------

Acciaio per profilati, piastre di base e tirafondi

Per gli elementi metallici principali (profili laminati a caldo, profili composti, piastrame) si utilizza un acciaio strutturale tipo S355J2 conforme alle norme UNI EN 10025-2.

Le tensioni massime ammissibili (allo stato limite ultimo) sono $f_d = 355 \text{ N/mm}^2$ per S355.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche meccaniche:

Modulo elastico	E =	210000	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_{yk} =	355.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_{tk} =	510.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_{yk} =	335.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_{tk} =	470.00	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza per resistenza membrature	γ_{M0} =	1.05	--
Coefficiente di sicurezza per instabilità nei ponti	γ_{M1} =	1.10	--
Resistenza di calcolo membrature ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_d =	338.10	N/mm ²
Resistenza di calcolo per instabilità ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_d =	322.73	N/mm ²
Resistenza di calcolo membrature ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_d =	319.05	N/mm ²
Resistenza di calcolo per instabilità ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_d =	304.54	N/mm ²

Acciaio per accessori metallici secondari

Per gli elementi metallici secondari (montanti e collari porta targa) si utilizza un acciaio strutturale tipo S275JR conforme alle norme UNI EN 10025-2.

Le tensioni massime ammissibili (allo stato limite ultimo) sono $f_d = 275 \text{ N/mm}^2$ per acciaio S275.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche meccaniche:

Modulo elastico	E =	210000	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_{yk} =	275.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_{tk} =	430.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_{yk} =	255.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_{tk} =	410.00	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza per resistenza membrature	γ_{M0} =	1.05	--
Coefficiente di sicurezza per instabilità nei ponti	γ_{M1} =	1.10	--
Resistenza di calcolo membrature ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_d =	261.90	N/mm ²
Resistenza di calcolo per instabilità ($t \leq 40 \text{ mm}$)	f_d =	250.00	N/mm ²
Resistenza di calcolo membrature ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_d =	242.86	N/mm ²
Resistenza di calcolo per instabilità ($40 < t \leq 80 \text{ mm}$)	f_d =	231.82	N/mm ²

Si utilizzano bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 con $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$ come indicato nel D.M. 14/01/2008.

I tirafondi sono costituiti da barre filettate in acciaio ad alta resistenza di classe 8.8 o superiore zincate elettroliticamente.

Il materiale deve avere sufficiente tenacità per evitare rottura fragile alla minima temperatura di servizio che si prevede possa verificarsi durante la vita della struttura.

Saldature secondo D.M. 14/01/2008 e circolare 02/02/2009 n.617 C.S.LL.PP.

Le giunzioni saldate dovranno essere di I classe, soggette a controlli non distruttivi, eseguite manualmente ad arco con elettrodi rivestiti di qualità 3 o 4 secondo UNI 5132 o con altri procedimenti qualificati di saldatura equivalenti.

E' richiesta l'approvazione del progetto di saldature da parte di ente certificato.

3.1 Durabilità dei materiali

3.1.1 Conglomerati cementizi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206-1 e UNI 11104, delle istruzioni contenute nella C.M. n°617 per l'applicazione delle NTC2008.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con $V_N = 50$ anni la circolare al punto C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva e, per strutture con $V_N = 100$ anni, una maggiorazione di copriferro pari a $\Delta c_{dev} = 10$ mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori sono da aumentare di 5 mm. Nel caso in oggetto si prevede pertanto $\Delta c_{dev} = 0$ mm.

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Copriferri minimi in mm ($V_N = 50$ anni)

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per le fondazioni, la classe di esposizione è determinata dal fatto che la struttura è immersa nel terreno a contatto le acque di falda. Non si hanno facce a vista verso l'ambiente esterno, pertanto non occorrono particolari attenzioni dal punto di vista estetico.

La zona esposta è immersa in acqua o terreno non aggressivo. Si considera quindi classe XC2 con le relative limitazioni:

- Rapporto acqua/cemento < 0.60
- Classe di resistenza > C25/30
- Dosaggio cemento > 300 kg/m³

Le strutture in esame sono in ambiente ordinario, pertanto adottando copriferro minimo nominale $c = 40$ mm per le fondazioni e $c = 50$ mm per i pali (inteso come spessore netto di ricoprimento) si ha:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + 0 = 20 + 0 + 0 = 20 \text{ mm} < c = 40 \text{ mm}$$

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riporta nel seguito la caratterizzazione geotecnica di riferimento dedotta dalle indagini geognostiche e quella utilizzata per il calcolo. Per informazioni di maggior dettaglio vedi direttamente la documentazione geotecnica di progetto.

4.1 Stratigrafie di riferimento

“I sondaggi eseguiti hanno messo alla luce la presenza lungo la Traccia A2 e parte della Traccia B, di una coltre di materiale di terreno rimaneggiato con prevalente matrice limoso-sabbiosa, con frammenti lateritici, cls, ed materiale da demolizione, con spessore nell’ordine dei 3,5 e i 4,5 m.

Al di sotto di tale livello si rinviene un deposito marcatamente granulare, ghiaie e sabbie, sabbie con ghiaia localmente intervallate da livelli più limosi.

In superficie è presente una sottile coltre di terreno di coltivo, l’orizzonte bruno superficiale si esaurisce entro i primi 1.5 m di profondità, solo nel sondaggio S6 eseguito dalla Terra Company tale spessore ha raggiunto i 3 m.

Al di sotto di tale livello si rinviene un deposito marcatamente granulare, ghiaie e sabbie, sabbie con ghiaia localmente intervallate da livelli più limosi.

Al fine di effettuare una suddivisione del sottosuolo, in funzione della profondità, sono state individuate 4 unità:

- **TERRENO RIMANEGGIATO:** ove individuato presenta spessori variabili da 1,2 m fino a 4,5 m con valori di N_{SPT} altrettanto variabili;
- **STRATO “1”:** con valori di $NSPT < 30$ colpi/piede presente a profondità variabile che raggiungono anche i 10 m dal p.c.
- **STRATO “2”:** con valori di $NSPT$ compresi tra 30 e 50 colpi/piede presenta spessori variabili compresi tra 0 e 7 m, si osserva una tendenza alla riduzione degli spessori in direzione Est (Tratta B) indicativamente fino alla profondità di 15-18 m dal p.c.;
- **STRATO “3”:** con valori di $NSPT > 50$ colpi/piede presente oltre la profondità di 10-15 m dal p.c. fino a fine indagine;

Nella tabella seguente sono indicati per ciascun carotaggio gli spessori delle singole unità, per quanto concerne la prima unità, i valori di N_{SPT} misurati sono da intendersi significativi per il terreno naturale, per il terreno rimaneggiato, vista l’estrema eterogeneità dello stesso e la scarsità dei dati disponibili, non è stato possibile fornire una parametrizzazione attendibile sulla base delle indagini.

	S13-1 HPC	S13-2 HPC	MW/13-1 HPC	S1 TC	S2 TC	S3 TC	S4 TC	S5 TC	S6 TC	S14.1 HPC	S14.2 HPC	S14.3 HPC	MW/14.1 HPC	MW/14.2 HPC	1N RCT	2N RCT	3N RCT
TERRENO RIMANEGGIATO	fino a 4,5 m	fino a 3,5 m	fino a 3,5 m	fino a 1,5 m	fino a 4,2 m	fino a 1,2 m	-	-	-	-	-	-	-	fino a 1,0 m	fino a 3,7 m	fino a 1,9 m	-
1° STRATO N < 30	da 4,5 m a 7,5 m	da 3,5 m a 6,0 m	da 3,5 a 6,0 m	da 1,5 m a 6,0 m	-	da 1,2 m a 7,5 m	fino a 9,0 m	fino a 6,0 m	fino a 6,0 m	fino a 7,5 m	fino a 6,0 m	fino a 3,0 m	fino a 10,5 m	da 1,0 m a 12,0 m	da 3,7 a 4,5 m	da 1,9 a 3,0 m	fino a 3,0 m
2° STRATO 30 < N < 50	da 9,0 m a 15 m	da 7,5 m a 18 m	da 7,5 m a 10,5 m	da 7,5 m a 13,5 m	da 4,2 m a 15 m	da 9,0 m a 16,5 m	da 9,0 m a 12,0 m	-	da 6,0 m a 9,0 m	da 7,5 m a 12,0 m	da 6,0 m a 12,0 m	da 3,0 m a 9,0 m	da 10,5 m a 12,0 m	da 12,0 m a 18,0 m	da 6,0 m a 9,0 m	da 4,5 m a 15,0 m	da 3,0 m a 6,0 m
3° STRATO N > 50	oltre 18,0 m	oltre 21,0 m	-	oltre 15,0 m	oltre 16,5 m	oltre 18,0 m	oltre 12,0 m	oltre 6,0 m	oltre 9,0 m	oltre 12,0 m	oltre 12,0 m	oltre 9,0 m	oltre 12,0 m	oltre 18,0 m	oltre 12,0 m	oltre 16,5 m	oltre 6,0 m

Tabella 1: spessore delle singole unità

Dello strato superficiale più marcatamente limoso (terreno rimaneggiato), non sono disponibili valori di SPT.

Di seguito vengono riportati i vari parametri geotecnici corrispondenti alle diverse unità litotecniche identificate.

Strato	Terreno Rimaneggiato	1	2	3
N _{SPT}	-	< 30 (media 20)	30 + 50 (media 38)	>50 (media 63)
N ₃₀ (60%)	-	17	36	63
N ₁ (60%)	-	20	30	64
D _{r(k)} (%)	20	38	57	85
γ (Kn/m ³)	17	18	19	19
γ' (Kn/m ³)	7	8	9	9
φ _{PC} (k) (°)	30,8	35,87	38,05	41,27
φ _R (k) (°)	26,7	34,25	37,95	40,65
c (kg/cm ²)	0	0	0	0
E (kg/cm ²)	40	185	330	630

Tabella 2

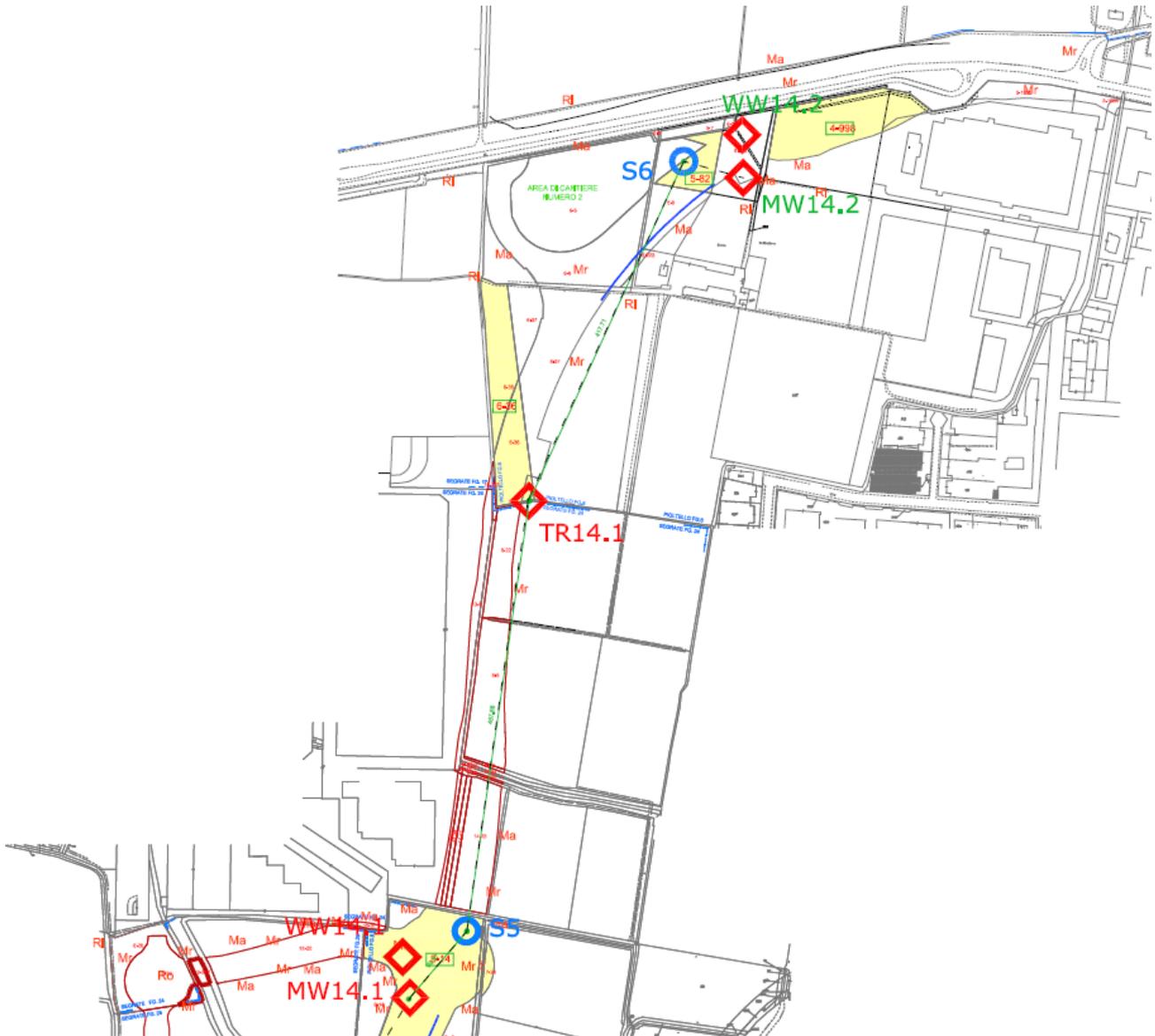
- N_{SPT} = resistenza penetrometrica misurata dalle prove SPT in foro di sondaggio (colpi/piede);
- $N_{(60\%)}$ = resistenza penetrometrica dinamica corretta rispetto:
 - al rendimento del sistema di battitura (73% per penetrometro dinamico, invece quello del sistema di battitura dell'SPT a sganciamento automatico è del 60%.);
 - alla profondità;
 - al rapporto $N_{SCPT} / N_{SPT} = 0,6$ proposto dallo S.G.I. (Cestari 1996);
- N_1 (60%) = $N_{(60\%)}$ normalizzato rispetto alla tensione litostatica efficace secondo la formula $N_1 = N_{SPT} \cdot \sqrt{(\sigma_p / \sigma'_{vo})}$ Liao e Whithman (1986);
- D_r = densità relativa (%), ricavata in base al metodo di Skempton per sabbie fini(65) = $N_{SPT,N} / D_r^2$;
- γ = peso di volume naturale del terreno (kN/m^3), stimato nell'ambito degli usuali intervalli di variazione compatibili con la natura granulometrica ed il grado di addensamento;
- γ' = peso di volume naturale del terreno (kN/m^3) γ , in termini di sforzi efficaci;
- φ_{PC} = angolo di attrito di picco è ricavato le correlazioni proposte da Schmertmann (1978) in funzione di D_r e della litologia;
- φ_R = angolo di attrito ridotto che tiene in considerazione del basso grado di addensamento che può far temere l'insorgere di grandi deformazioni prima ancora del raggiungimento della secondo Vesic (1970);
- c = coesione (kg/cm^2) parametro difficilmente stimabile con le prove penetrometriche, viene assegnato un valore modesto unicamente sulla base della tipologia di materiale presente;
- E = modulo di elasticità (kg/cm^2), calcolato in base alla relazione generica il cui valore numerico dipende dal valore di resistenza penetrometrica e dalla frazione granulometrica dominante (da bowles - fondazioni). Per i valori dei moduli di deformazione E non si applica il 5° percentile, bensì la mediana, poiché non si è in presenza nè di azioni A, nè di resistenze R;
- x_k = i valori contraddistinti dal pedice k sono da intendersi caratteristici, ovvero determinati secondo la seguente formula

$$= X_k = X_{mean} - (1 + k_n \cdot V_x);$$

dove:

- X_{mean} : valore medio;
- V_x : deviazione standard / media;
- k_n : -1.645;

l'EC7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano.



Stralcio planimetrico delle indagini effettuate

4.2 Stratigrafie di calcolo

La stratigrafia dei terreni di fondazione adottata nel calcolo è stata ipotizzata secondo le seguenti caratteristiche geotecniche:

Da [m]	A [m]	Formazione	Descrizione
+H rilevato	+0 (*)	R	Rilevato di nuova formazione
+0 (*)	-12.0	1	Strato 1
-12.0	-18.0	2	Strato 2
> -18.0		3	Strato 3

Formazione	γ [kN/m ³]	Valori medi		Valori minimi	
		c' [kPa]	Φ' [°]	c' [kPa]	Φ' [°]
1	18	-	35.0	-	34.0
2	19	-	38.0	-	37.0
3	19	-	41.0	-	37.0

Stratigrafia di calcolo

(*) La quota di zero coincide con la quota del p.c. esistente

γ = peso di volume naturale - Φ' = angolo di attrito - c' = intercetta di coesione

Per il materiale costituente il nuovo rilevato si considerano i seguenti parametri geotecnici:

Formazione	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	Φ' [°]
Rilevato	20	0	35

Parametri stratigrafici di calcolo del materiale di rinterro

Per il piano di posa delle fondazioni oggetto della presente relazione si sono assunte le caratteristiche del 1° STRATO per i sostegni a bandiera e del RILEVATO per i MONOPALI (il terreno rimaneggiato non è stato considerato sia per la profondità del piano di posa stesso sempre maggiore di 2.0m sia per il fatto che in caso l'intradosso dei plinti cada all'interno dello strato superficiale è necessario prevedere una bonifica dello stesso in modo da avere dei parametri di resistenza minima pari almeno a quelli del 1° STRATO).

La quota di falda di progetto è posta a quota tra -2.50 e -3.00 m dal p.c. esistente, vedi i profili di progetto delle opere di sostegno.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione sismica del sito in cui è inserita l'opera in oggetto viene effettuata sulla base delle indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008 (paragrafo 3.2).

I parametri sismici di base sono stati calcolati utilizzando il foglio di calcolo dedicato "Spettri di risposta", fornito dal Consiglio Sup. LL.PP., inserendo come zona geografica il comune di Segrate.

5.1 Periodo di riferimento per l'azione sismica

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende dal periodo di riferimento considerato per la definizione dell'azione sismica.

In base alle indicazioni riportate nel paragrafo 2.4 del D.M. 14/01/2008 si scelgono i seguenti parametri di progetto:

Tipo di costruzione	2
Vita nominale (V_N)	50 anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso (C_U)	2.0

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica vale: $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2.0 = 100$ anni

5.2 Parametri sismici di base

In base alla posizione del sito in esame ed al periodo di riferimento considerato, si ottengono i seguenti parametri sismici di base:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [sec]
SLV	949	0.070	2.646	0.295

dove: T_R = periodo di ritorno associato allo Stato Limite considerato;
 a_g = accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
 F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
 T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Si eseguono le verifiche allo **SLV** (Stato Limite di salvaguardia della Vita), associato alle verifiche a Stato Limite Ultimo.

5.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In base alla caratterizzazione geotecnica del sito in cui sorge l'opera in progetto, il sottosuolo di progetto rientra nella **Categoria C**.

5.3.1 Coefficiente di amplificazione stratigrafica

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) può essere calcolato in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di Categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008.

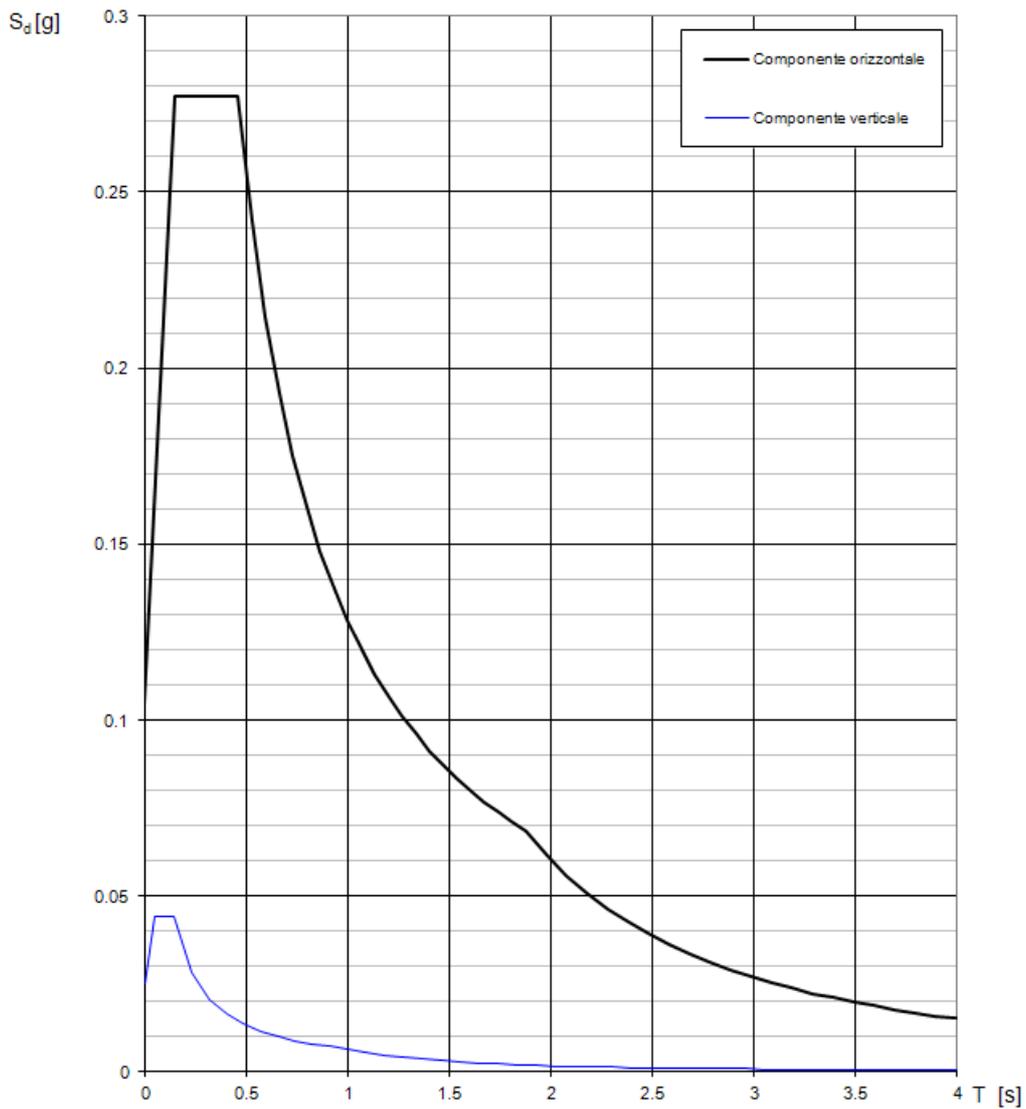
5.3.2 Coefficiente di amplificazione topografica

In accordo con la Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008, le caratteristiche topografiche del sito in cui sorge l'opera in progetto rientrano nella **Categoria T1** ("Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ").

5.4 Spettri di risposta

Nella seguente figura viene riportato lo spettro di risposta (componenti orizzontali e verticali) per gli Stati Limite indagati. Nei capitoli relativi a ciascuna tipologia di portale analizzata verranno inserite le tabelle con i relativi modi di vibrare della struttura.

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



6. ANALISI DEI CARICHI

6.1 Peso proprio struttura portante in acciaio

Il peso proprio della struttura in acciaio è valutato in ragione di 78.50 kN/m^3 ed è computato automaticamente dal programma di calcolo.

Si utilizzano sia per il montante verticale che per la traversa orizzontale dei profili scatolari chiusi; i pesi dell'acciaio vengono incrementati in fase di calcolo del 10% per tener conto degli elementi secondari non inclusi nel modello (traverse secondarie, piastre, bulloni e saldature).

6.2 Carichi permanenti

I carichi permanenti sono costituiti dal peso delle targhe (ragionevolmente posto pari a 0.15 kN/m^2).

Si ipotizzano, in favore di sicurezza, i seguenti pesi relativi alle targhe:

- | | |
|---|---|
| • Bandiera con sbraccio max $L=7.0\text{m}$ | \Rightarrow 1 targa, area complessiva di 12 m^2 |
| • Bandiera e con sbraccio max $L=12.50\text{m}$ | \Rightarrow 2 targhe, area complessiva di 24 m^2 |
| • Bandiera e con sbraccio max $L=12.50\text{m}$ | \Rightarrow 2 targhe, area complessiva di 36 m^2 |
| • Monopalo | \Rightarrow 1 targa, area complessiva di 10 m^2 |
| • Sostegni ancorati alle strutture | \Rightarrow targa di area massima pari a $\cong 11 \text{ m}^2$ |

6.3 Azione del vento

Nell'analisi statica la pressione utilizzata è stata determinata, in accordo con le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, seguendo le indicazioni fornite da CNR-DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

La pressione cinetica di picco del vento è data dall'espressione (in N/m^2):

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 \cdot c_e(z)$$

dove:

q_p	è la pressione cinetica di picco;
ρ	è la densità media dell'aria, pari a 1.25 kg/m^3 ;
v_r	è la velocità di riferimento di progetto in m/s ;
c_e	è il coefficiente di esposizione;

Di seguito si procede calcolando nell'ordine le seguenti grandezze:

- Velocità di base di riferimento;
- Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto;
- Coefficiente di topografia;
- Coefficiente di esposizione;
- Coefficiente aerodinamico;
- Pressione cinetica di picco del vento.

Velocità base di riferimento:

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, la velocità di base di riferimento viene definita dalla seguente espressione:

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_a$$

dove:

$V_{b,0}$	è la velocità di base di riferimento a livello del mare;
C_a	è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_a \cdot \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_s > a_0$$

dove: a_0, k_a sono parametri assegnati in funzione della zona geografica;
 a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito in esame.

In base alla zona geografica (Zona 1) ed all'altitudine del sito (circa 100 m.s.l.m.), si ricavano i seguenti valori:

$V_{b,0}$	=	25	m/s
a_0	=	1000	m
k_a	=	0.40	-
c_a	=	1.00	-
V_b	=	25.00	m/s

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare		500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						



Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto:

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, la velocità è fornita dalla relazione:

$$V_r = V_b \cdot C_r$$

dove: V_b è la velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;
 C_r è il coefficiente di ritorno fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \cdot \left\{ 1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right] \right\} \quad \text{per } T_R \geq 50 \text{ anni}$$

In base ad un periodo di ritorno di progetto stimato in 50 anni, si ottengono i seguenti valori:

C_r	=	1.00	-
V_b	=	25.00	m/s
V_r	=	25.00	m/s

Coefficiente di topografia (ct):

In mancanza di più approfondite valutazioni, il coefficiente di topografia è posto di regola pari a 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Coefficiente di esposizione (c_e):

Trattandosi di un manufatto situato in area urbana si sceglie la classe A come classe di rugosità del terreno. Pertanto, considerata la zona e l'altitudine del sito, la costruzione è ubicata nella categoria di esposizione V, i cui parametri risultano i seguenti:

k_r	=	0.23	-	fattore di terreno
z_0	=	0.76	m	lunghezza di rugosità
z_{min}	=	12.0	m	altezza minima

Il coefficiente di esposizione è fornito dalla seguente relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) \cdot c_t(z_{min}) \cdot \left[\ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) \cdot c_t(z_{min}) + 7 \right] \quad \text{per } z \leq z_{min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot c_t(z) \cdot \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot c_t(z) + 7 \right] \quad \text{per } z > z_{min}$$

Vento (con $z \cong 8.0 \text{ m} < z_{min}$): $c_e = 1.48$

Pressione cinetica di picco del vento:

In base a quanto esposto, la pressione cinetica di picco assume i seguenti valori:

Vento: $q_p = 0.58 \text{ kN/m}^2$

Questo valore viene moltiplicato per i coefficienti aerodinamici da applicare al tabellone ed ai profili maggiorando la pressione cinetica di picco.

In particolare

- **Tabellone:**

come indicato nel paragrafo G.7 di CNR-DT 207/2008, la pressione cinetica di picco viene amplificata con un coefficiente pari a 1.8. La sollecitazione del vento è inserita nel modello di calcolo come una forza puntuale d'intensità pari a:

Bandiere $\Rightarrow Q_{ven-tab} = 1.80 \cdot q_p \cdot A_{tab} = 1.80 \cdot 0.58 \cdot 12.0 \cong 13.0 \text{ kN}$ (per ogni tabellone)

Monopalo $\Rightarrow Q_{ven-tab} = 1.80 \cdot q_p \cdot A_{tab} = 1.80 \cdot 0.58 \cdot 10.0 \cong 11.0 \text{ kN}$ (per ogni tabellone)

Targhe collegate alle strutture $\Rightarrow Q_{ven-tab} = 1.80 \cdot q_p \cdot A_{tab} = 1.80 \cdot 0.58 \cdot 11.0 \cong 12.0 \text{ kN}$

- **Profili:**

come indicato nel paragrafo C3.3.10.4.1 della Circ.Min. n°617 del 2/02/2009, la pressione cinetica di picco viene amplificata con un coefficiente pari a 1.4. La sollecitazione del vento è inserita nel modello di calcolo come una forza distribuita d'intensità pari a:

$$q_{ven-prof} = 1.40 \cdot q_p = 1.40 \cdot 0.58 = 0.81 \text{ kN/m}^2$$

e applicata sull'effettivo spessore dell'elemento investito dal vento.

In base a quanto esposto, la pressione cinetica di picco assume i seguenti valori:

Tabelloni: $q_p = 1.08 \text{ kN/m}^2$
 Profili: $q_p = 0.81 \text{ kN/m}^2$;

In favore di sicurezza si assume per le verifiche una pressione del vento per i profili pari a 1.0 kN/m^2 .

6.4 Azione della neve

Nell'analisi statica il carico provocato dalla neve accumulata sulle traverse orizzontali di acciaio è stata determinato in accordo con le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, seguendo le indicazioni fornite nel paragrafo 3.4.

Il carico da neve per unità di superficie è ricavato secondo la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento pari a 1.50 kN/m^2 (Zona I - Mediterranea);
- μ_i è il coefficiente di forma pari a 0.80;
- C_E è il coefficiente di esposizione pari a 1;
- C_t è il coefficiente termico pari a 1.

In base a quanto esposto il carico da neve è pari a 1.20 kN/m^2 , tale azione viene rappresentata da un carico lineare sulla traversa.

6.5 Azioni sismiche

In base agli spettri di risposta riportati nel paragrafo 5.4, per ogni struttura analizzata verrà riportata una tabella riepilogativa dei modi di vibrare.

Si precisa che le masse in gioco sono relative alla struttura in acciaio (incrementata del 10%) ed alle targhe.

Nelle combinazioni di carico, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, gli effetti sulle strutture sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- SLV_X: $1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Y: $0.30 E_x + 1.00 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Z: $0.30 E_x + 0.30 E_y + 1.00 E_z$

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Vengono prese in esame le combinazioni di carico a Stato Limite Ultimo (per le verifiche strutturali e geotecniche) e le combinazioni di carico a Stato Limite di Esercizio (per le verifiche di deformabilità).

Si riporta di seguito la tabella delle combinazioni di carico analizzate.

	PP	CARTELLI	VENTO	NEVE	SLV-X	SLV-Y	SLV-Z
SLE-1	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00
SLE-2	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00
STR-1	1.30	1.50	1.50	0.75	0.00	0.00	0.00
STR-2	1.30	1.50	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00
GEO-1	1.00	1.30	1.30	0.65	0.00	0.00	0.00
GEO-2	1.00	1.30	0.78	1.30	0.00	0.00	0.00
EQU-1	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
EQU-2	0.90	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00
SLV-1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
SLV-2	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
SLV-3	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

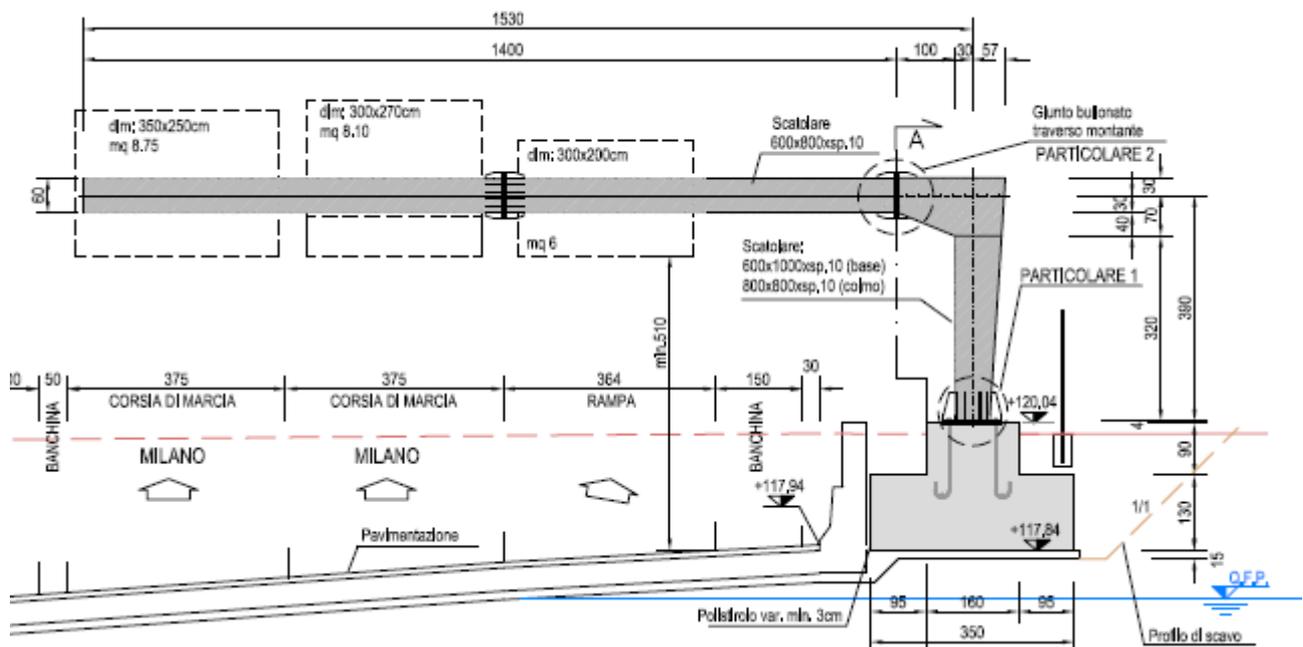
Le combinazioni EQU sono utilizzate per le verifiche a ribaltamento.

8. SOSTEGNO A BANDIERA L = 15.50 m

Si analizza nel presente capitolo un sostegno a bandiera di lunghezza pari a 15.50 m, con altezza libera (misurata da estradosso plinto) di 4.0 m e con tre targhe di dimensioni massime ognuna pari a 12.0 m².

I dimensionamenti e le verifiche di seguito riportati fanno riferimento ai seguenti sostegni a bandiera:

- Sostegno verticale "SV8" alla sez. 115 carreggiata nord - pk 2+819



Sezione sostegno "SV8"

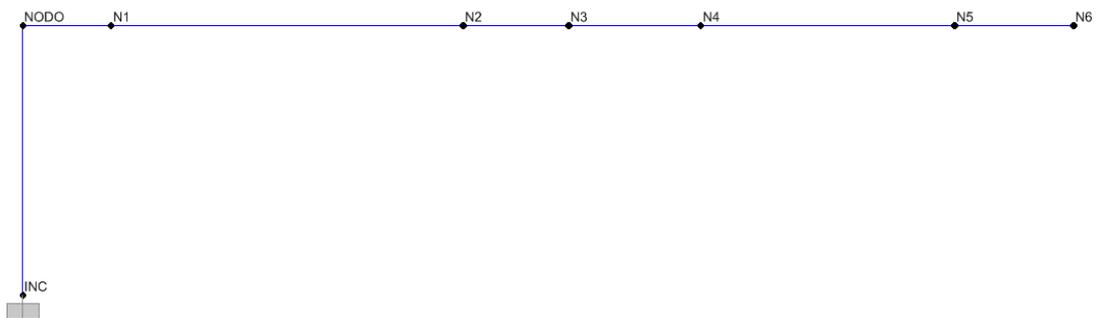
8.1 Schema di calcolo

Mediante il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced si schematizza il telaio metallico con l'ausilio di elementi monodimensionali tipo frame, di sezione e materiale corrispondenti a quelli reali.

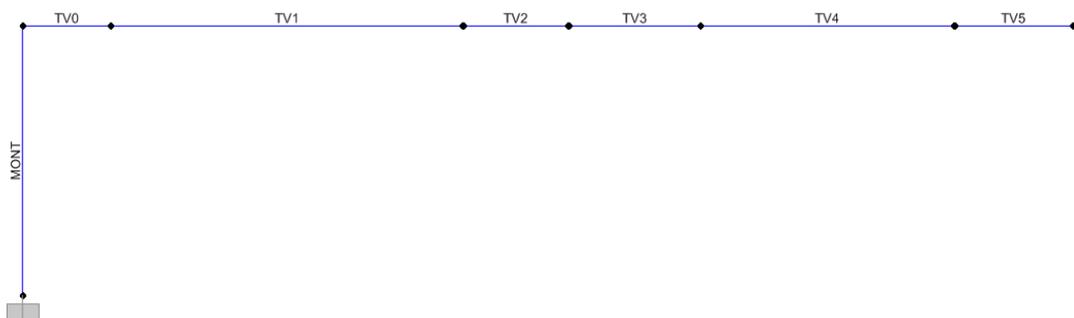
Il tabellone viene schematizzato con una forza puntuale in direzione della gravità e pari al peso dell'elemento.

Il vincolo di base (incastro perfetto) schematizza invece l'incastro della struttura portante in acciaio al cordolo di fondazione in c.a.

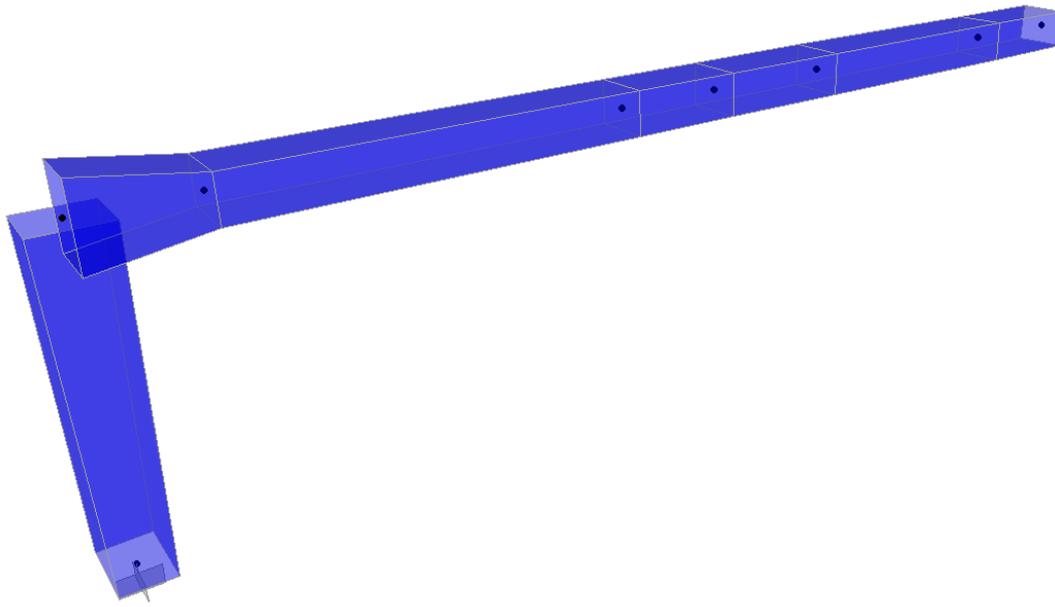
Per maggiore chiarezza vengono riportate nelle seguenti figure la denominazione dei nodi, delle aste e una vista assometrica in 3D.



Etichette nodi



Etichette aste



Vista assometrica in 3D

8.2 Modi di vibrare in fase sismica

In base agli spettri di risposta riportati nel paragrafo 5.4, viene di seguito riportata una tabella riepilogativa dei modi di vibrare della struttura.

Si precisa che le masse in gioco sono relative alla struttura in acciaio (incrementata del 10%) ed alle targhe (inserite come masse puntuali).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODALE	Mode	1	0.5033	0.00%	63.51%	0.00%	0.00%	63.51%	0.00%
MODALE	Mode	2	0.4903	1.26%	0.00%	59.45%	1.26%	63.51%	59.45%
MODALE	Mode	3	0.0929	53.15%	0.00%	3.73%	54.41%	63.51%	63.18%
MODALE	Mode	4	0.0717	0.00%	19.20%	0.00%	54.41%	82.71%	63.18%
MODALE	Mode	5	0.0600	44.06%	0.00%	7.85%	98.47%	82.71%	71.04%
MODALE	Mode	6	0.0350	0.00%	17.11%	0.00%	98.47%	99.81%	71.04%
MODALE	Mode	7	0.0203	0.82%	0.00%	2.73%	99.29%	99.81%	73.76%
MODALE	Mode	8	0.0166	0.00%	0.15%	0.00%	99.29%	99.96%	73.76%
MODALE	Mode	9	0.0105	0.58%	0.00%	14.38%	99.87%	99.96%	88.14%
MODALE	Mode	10	0.0090	0.02%	0.00%	0.93%	99.89%	99.96%	89.07%
MODALE	Mode	11	0.0080	0.00%	0.03%	0.00%	99.89%	99.99%	89.07%
MODALE	Mode	12	0.0077	0.08%	0.00%	0.54%	99.97%	99.99%	89.60%
MODALE	Mode	13	0.0072	0.00%	0.01%	0.00%	99.97%	100.00%	89.60%
MODALE	Mode	14	0.0054	0.00%	0.00%	0.24%	99.97%	100.00%	89.84%
MODALE	Mode	15	0.0045	0.00%	0.00%	0.00%	99.97%	100.00%	89.84%
MODALE	Mode	16	0.0043	0.00%	0.00%	0.07%	99.97%	100.00%	89.91%
MODALE	Mode	17	0.0038	0.03%	0.00%	10.09%	100.00%	100.00%	100.00%

Nelle combinazioni di carico, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, gli effetti sulla struttura sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- SLV_X: $1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Y: $0.30 E_x + 1.00 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Z: $0.30 E_x + 0.30 E_y + 1.00 E_z$

8.3 Verifiche strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali dei seguenti elementi:

- Profili scatolari in acciaio (montanti e trasverso)
- Tirafondi e piastra di base

8.3.1 Profili scatolari in acciaio

La tabella seguente riporta i valori massimi di sollecitazione dei profili scatolari in acciaio: si eseguono all'inizio e alla fine di ogni elemento frame, considerando il punto più sollecitato di ogni sezione analizzata.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- Base montante: 600x1000x10 mm
- Testa montante: 800x800x10 mm
- Traverso TV0_inizio: 1000x800x10 mm
- Traverso TV0_fine: 600x800x10 mm
- Traverso TV1-TV2-TV3-TV4-TV5: 600x800x10 mm

8.3.1.1 Verifiche del montante

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _F	τ _{V2}	τ _{V3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
MONT	0.000	SLE-1	-61	0	46	407	216	399	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	2	35	24	58	80	37	103
MONT	0.000	SLE-2	-69	0	27	244	130	456	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	1	21	14	66	78	22	87
MONT	0.000	STR-1	-82	0	68	610	324	541	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-3	0	3	52	36	79	112	56	148
MONT	0.000	STR-2	-93	0	41	366	195	627	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-3	0	2	31	22	91	110	33	124
MONT	0.000	GEO-1	-65	0	59	529	281	432	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	3	45	31	63	92	48	124
MONT	0.000	GEO-2	-75	0	36	317	169	507	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	2	27	19	74	90	29	103
MONT	0.000	SLV-1	-52	3	1	10	4	357	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	0	1	0	52	51	1	51
MONT	0.000	SLV-1	-55	-3	-1	-10	-4	325	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	0	-1	0	47	45	1	45
MONT	0.000	SLV-2	-53	1	3	34	13	352	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	0	3	1	51	51	3	51
MONT	0.000	SLV-2	-55	-1	-3	-34	-13	330	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	0	-3	-1	48	45	3	45
MONT	0.000	SLV-3	-51	2	1	10	4	375	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	0	1	0	55	53	1	53
MONT	0.000	SLV-3	-57	-2	-1	-10	-4	306	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	0	-1	0	44	42	1	42
MONT	4.000	SLE-1	-50	0	43	407	39	399	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	3	33	5	47	50	35	79
MONT	4.000	SLE-2	-58	0	26	244	23	456	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	2	20	3	54	54	21	66
MONT	4.000	STR-1	-68	0	64	610	58	541	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	4	49	7	63	68	53	114
MONT	4.000	STR-2	-79	0	39	366	35	627	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-3	0	2	29	4	74	75	32	93
MONT	4.000	GEO-1	-54	0	56	529	51	432	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	4	42	6	51	55	46	97
MONT	4.000	GEO-2	-64	0	33	317	30	507	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	2	25	4	60	61	28	77
MONT	4.000	SLV-1	-41	3	1	10	0	353	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	1	0	41	40	1	40
MONT	4.000	SLV-1	-44	-3	-1	-10	0	329	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	-1	0	39	37	1	37
MONT	4.000	SLV-2	-42	1	3	34	0	351	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	3	0	41	40	3	40
MONT	4.000	SLV-2	-44	-1	-3	-34	0	331	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	-3	0	39	37	3	38
MONT	4.000	SLV-3	-40	2	1	10	0	374	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	1	0	44	43	1	43
MONT	4.000	SLV-3	-46	-2	-1	-10	0	308	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	-1	0	36	35	1	35

8.3.1.2 Verifiche del traverso

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _r	W ₃₃	W ₂₂	σ _P	τ _{V2}	τ _{V3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{deale}	
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	
TV0	0.000	SLE-1	0	-50	-43	-39	-407	-399	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-3	-3	-2	-42	-36	-78	5	78	
TV0	0.000	SLE-2	0	-58	-26	-23	-244	-456	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-3	-2	-1	-25	-42	-67	4	67	
TV0	0.000	STR-1	0	-68	-64	-58	-610	-541	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-3	-4	-4	-62	-49	-112	8	112	
TV0	0.000	STR-2	0	-79	-39	-35	-366	-627	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-4	-2	-2	-37	-57	-95	6	95	
TV0	0.000	GEO-1	0	-54	-56	-51	-529	-432	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-3	-4	-3	-54	-39	-93	7	94	
TV0	0.000	GEO-2	0	-64	-33	-30	-317	-507	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-3	-2	-2	-32	-46	-79	5	79	
TV0	0.000	SLV-1	3	-41	1	0	10	-329	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	0	0	-1	-30	-29	2	29	
TV0	0.000	SLV-2	-1	-42	3	0	34	-331	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	0	0	3	-30	-27	2	27	
TV0	0.000	SLV-3	-1	-44	-3	0	-34	-351	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	0	0	-3	-32	-35	2	36	
TV0	0.000	SLV-3	1	-40	1	0	10	-308	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	0	0	1	-28	-27	2	27	
TV0	0.000	SLV-3	-1	-46	-1	0	-10	-374	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	0	0	-1	-34	-35	2	35	
TV0	1.300	SLE-1	0	-46	-42	-39	-352	-336	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-3	-4	-53	-59	-112	8	112	
TV0	1.300	SLE-2	0	-53	-25	-23	-211	-384	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-2	-3	-32	-67	-99	7	100	
TV0	1.300	STR-1	0	-62	-63	-58	-528	-456	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-5	-4	-6	-79	-80	-159	12	160	
TV0	1.300	STR-2	0	-73	-38	-35	-317	-529	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-6	-2	-4	-48	-92	-140	10	141	
TV0	1.300	GEO-1	0	-50	-54	-51	-457	-365	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-3	-5	-69	-64	-132	10	133	
TV0	1.300	GEO-2	0	-59	-33	-30	-274	-428	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-5	-2	-3	-41	-75	-116	8	117	
TV0	1.300	SLV-1	3	-38	1	0	9	-278	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	1	-48	-47	3	47	
TV0	1.300	SLV-1	-3	-41	-1	0	-9	-298	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	-1	-52	-53	3	54	
TV0	1.300	SLV-2	1	-38	3	0	30	-279	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	4	-49	-44	3	45	
TV0	1.300	SLV-2	-1	-40	-3	0	-30	-296	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	-4	-52	-56	3	57	
TV0	1.300	SLV-3	1	-36	1	0	9	-259	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	1	-45	-44	3	44	
TV0	1.300	SLV-3	-1	-42	-1	0	-9	-316	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	0	0	-1	-55	-57	4	57	
TV1	0.000	SLE-1	0	-46	-42	-39	-352	-336	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-3	-4	-53	-59	-112	7	112	
TV1	0.000	SLE-2	0	-53	-25	-23	-211	-384	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-2	-3	-32	-67	-99	4	99	
TV1	0.000	STR-1	0	-62	-63	-58	-528	-456	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-5	-4	-6	-79	-80	-159	10	160	
TV1	0.000	STR-2	0	-73	-38	-35	-317	-529	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-6	-2	-4	-48	-92	-140	6	140	
TV1	0.000	GEO-1	0	-50	-54	-51	-457	-365	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-3	-5	-69	-64	-132	9	133	
TV1	0.000	GEO-2	0	-59	-33	-30	-274	-428	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-5	-2	-3	-41	-75	-116	5	116	
TV1	0.000	SLV-1	2	-38	1	0	9	-278	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	1	-48	-47	0	47	
TV1	0.000	SLV-1	-2	-41	-1	0	-9	-298	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	-1	-52	-53	0	53	
TV1	0.000	SLV-2	1	-38	3	0	30	-279	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	4	-49	-44	0	44	
TV1	0.000	SLV-2	-1	-40	-3	0	-30	-296	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	-4	-52	-56	0	56	
TV1	0.000	SLV-3	1	-36	1	0	9	-259	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	1	-45	-44	0	44	
TV1	0.000	SLV-3	-1	-42	-1	0	-9	-316	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	0	0	-1	-55	-57	0	57	
TV1	5.200	SLE-1	0	-42	-31	-40	-39	-142	-135	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-3	-4	-21	-24	-45	7	46
TV1	5.200	SLE-2	0	-35	-24	-23	-85	-155	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-2	-3	-13	-27	-40	4	40	
TV1	5.200	STR-1	0	-42	-59	-58	-213	-184	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-4	-6	-32	-64	-10	6	66	
TV1	5.200	STR-2	0	-49	-36	-35	-128	-213	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-2	-4	-19	-37	-56	6	57	
TV1	5.200	GEO-1	0	-34	-51	-51	-184	-147	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-3	-5	-28	-26	-53	8	55	
TV1	5.200	GEO-2	0	-40	-31	-30	-111	-172	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-2	-3	-17	-30	-47	5	48	
TV1	5.200	SLV-1	2	-25	1	0	4	-109	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	1	-19	-18	0	18	
TV1	5.200	SLV-1	-2	-28	-1	0	-4	-122	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-1	-21	-22	0	22	
TV1	5.200	SLV-2	1	-26	3	0	14	-111	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	2	-19	-17	0	17	
TV1	5.200	SLV-2	-1	-28	-3	0	-14	-120	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-2	-21	-23	0	23	
TV1	5.200	SLV-3	1	-24	1	0	4	-102	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	1	-18	-17	0	17	
TV1	5.200	SLV-3	-1	-30	-1	0	-4	-130	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	0	0	-1	-23	-23	0	23	
TV2	0.000	SLE-1	0	-29	-27	-26	-142	-135	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-2	-3	-21	-24	-45	4	46	
TV2	0.000	SLE-2	0	-34	-16	-16	-85	-155	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-1	-2	-13	-27	-40	3	40	
TV2	0.000	STR-1	0	-40	-40	-39	-213	-184	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-3	-4	-32	-64	-10	7	65	
TV2	0.000	STR-2	0	-46	-24	-23	-128	-213	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-2	-4	-19	-37	-56	4	57	
TV2	0.000	GEO-1	0	-32	-35	-34	-184	-147	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-2	-4	-28	-26	-53	6	54	
TV2	0.000	GEO-2	0	-37	-21	-20	-111	-172	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-1	-2	-17	-30	-47	3	47	
TV2	0.000	SLV-1	2	-24	1	0	4	-109	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	1	-19	-18	0	18	
TV2	0.000	SLV-1	-2	-26	-1	0	-4	-122	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-1	-21	-22	0	22	
TV2	0.000	SLV-2	1	-24	3	0	14	-111	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	2	-19	-17	0	17	
TV2	0.000	SLV-2	-1	-26	-3	0	-14	-120	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-2	-21	-23	0	23	
TV2	0.000	SLV-3	1	-23	1	0	4	-102	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	1	-18	-17	0	17	
TV2	0.000	SLV-3	-1	-27	-1	0	-4	-130	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-1	-23	-23	0	23	
TV2	1.550	SLE-1	0	-25	-27	-26	-101	-93	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093												

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _r	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _r	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV3	1.950	SLE-1	0	-19	-26	-26	-49	-50	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-2	-3	-7	-9	-16	4	18
TV3	1.950	SLE-2	0	-22	-16	-16	-30	-57	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-2	-4	-10	-14	3	15
TV3	1.950	STR-1	0	-26	-39	-39	-74	-68	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-2	-4	-11	-12	-23	6	26
TV3	1.950	STR-2	0	-30	-24	-23	-44	-79	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-1	-3	-7	-14	-20	4	22
TV3	1.950	GEO-1	0	-21	-34	-34	-64	-54	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-2	-4	-10	-9	-19	5	21
TV3	1.950	GEO-2	0	-25	-21	-20	-38	-64	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-2	-6	-11	-17	3	18
TV3	1.950	SLV-1	1	-16	1	0	2	-39	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-7	-6	0	6
TV3	1.950	SLV-1	-1	-18	-1	0	-2	-47	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-8	-9	0	9
TV3	1.950	SLV-2	0	-16	2	0	6	-41	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	1	-7	-6	0	6
TV3	1.950	SLV-2	0	-17	-2	0	-6	-45	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	-1	-8	-9	0	9
TV3	1.950	SLV-3	1	-15	1	0	2	-37	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV3	1.950	SLV-3	-1	-19	-1	0	-2	-49	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	0	-9	-9	0	9
TV4	0.000	SLE-1	0	-18	-13	-13	-49	-50	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	-1	-1	-7	-9	-16	2	17
TV4	0.000	SLE-2	0	-20	-8	-8	-30	-57	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-1	-4	-10	-14	1	15
TV4	0.000	STR-1	0	-24	-20	-20	-74	-68	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-2	-11	-12	-23	3	24
TV4	0.000	STR-2	0	-28	-12	-12	-44	-79	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-1	-7	-14	-20	2	21
TV4	0.000	GEO-1	0	-19	-17	-17	-64	-54	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-2	-10	-9	-19	3	20
TV4	0.000	GEO-2	0	-22	-10	-10	-38	-64	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	-1	-1	-6	-11	-17	2	17
TV4	0.000	SLV-1	1	-14	0	0	2	-39	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-7	-6	0	6
TV4	0.000	SLV-1	-1	-16	0	0	-2	-47	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-8	-9	0	9
TV4	0.000	SLV-2	0	-14	2	0	6	-41	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	1	-7	-6	0	6
TV4	0.000	SLV-2	0	-15	-2	0	-6	-45	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	-1	-8	-9	0	9
TV4	0.000	SLV-3	0	-13	0	0	2	-37	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV4	0.000	SLV-3	0	-16	0	0	-2	-49	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-9	-9	0	9
TV4	3.750	SLE-1	0	-7	-13	-13	0	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	2	3
TV4	3.750	SLE-2	0	-8	-8	-8	0	-5	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	-1	0	-1	-1	1	2
TV4	3.750	STR-1	0	-9	-20	-20	0	-6	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	3	5
TV4	3.750	STR-2	0	-11	-12	-12	0	-7	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	2	4
TV4	3.750	GEO-1	0	-8	-17	-17	0	-5	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	2	4
TV4	3.750	GEO-2	0	-9	-10	-10	0	-6	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	2	3
TV4	3.750	SLV-1	1	-5	0	0	0	-3	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
TV4	3.750	SLV-1	-1	-7	0	0	0	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV4	3.750	SLV-2	0	-5	2	0	1	-3	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	0	0	1
TV4	3.750	SLV-2	0	-6	-2	0	-1	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV4	3.750	SLV-3	0	-5	0	0	0	-3	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
TV4	3.750	SLV-3	0	-7	0	0	0	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	SLE-1	0	-5	0	0	0	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	SLE-2	0	-6	0	0	0	-5	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	STR-1	0	-7	0	0	0	-6	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	STR-2	0	-8	0	0	0	-7	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	GEO-1	0	-5	0	0	0	-5	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	GEO-2	0	-6	0	0	0	-6	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	SLV-1	0	-4	0	0	0	-3	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	SLV-1	0	-4	0	0	0	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	SLV-2	0	-4	0	0	1	-3	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
TV5	0.000	SLV-2	0	-4	0	0	-1	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	0.000	SLV-3	0	-4	0	0	0	-3	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
TV5	0.000	SLV-3	0	-5	0	0	0	-4	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV5	1.750	SLE-1	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLE-2	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	STR-1	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	STR-2	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	GEO-1	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	GEO-2	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV5	1.750	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONT	0.000	SLE-1	-61	0	46	407	216	399	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	3	33	25	47	70	35	93
MONT	0.000	SLE-2	-69	0	27	244	130	456	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	2	20	15	54	67	21	76

8.3.2 Giunti flangiati

I giunti flangiati della traversa vengono dimensionati secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare si considera:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni (M24):

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 353}{1.25} \cdot 10^{-3} = 135.55 \text{ kN}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni (M24):

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 800 \cdot 353}{1.25} \cdot 10^{-3} = 203.33 \text{ kN}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{indicata in seguito con la dicitura VER-1})$$

con la limitazione: $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$ (indicata in seguito con la dicitura VER-2)

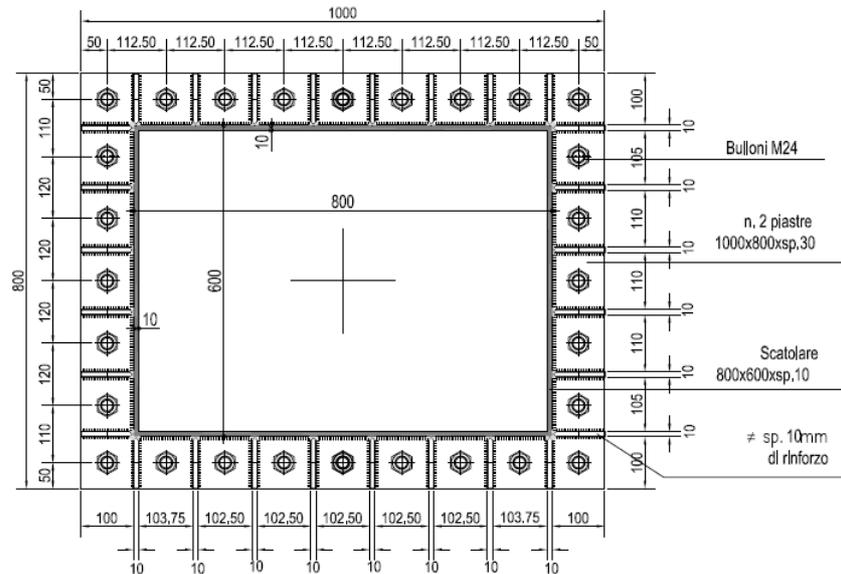
La tabella seguente riporta le azioni agenti nella sezione del giunto flangiato.

Combinazione	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE-1	0.00	-46.06	-41.79	-39.00	-351.68	-336.10
SLE-2	0.00	-52.87	-25.07	-23.40	-211.01	-384.50
STR-1	0.00	-62.32	-62.68	-58.50	-527.52	-456.10
STR-2	0.00	-72.54	-37.61	-35.10	-316.51	-528.69
GEO-1	0.00	-49.72	-54.33	-50.70	-457.18	-364.85
GEO-2	0.00	-58.58	-32.60	-30.42	-274.31	-427.76
SLV-1 Max	2.97	-37.74	0.97	0.00	8.96	-277.61
SLV-1 Min	-2.97	-40.75	-0.97	0.00	-8.96	-297.81
SLV-2 Max	0.94	-38.27	3.22	0.00	29.87	-278.95
SLV-2 Min	-0.94	-40.22	-3.22	0.00	-29.87	-296.47
SLV-3 Max	1.37	-36.20	0.97	0.00	8.96	-258.94
SLV-3 Min	-1.37	-42.28	-0.97	0.00	-8.96	-316.48

Dove:

P	forza assiale;
V2	forza verticale;
V3	forza orizzontale nella direzione del vento;
M2	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M3	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
T	momento torcente.

Il giunto presenta le seguenti caratteristiche geometriche:



N. Bullone	d_L [m]	d_T [m]	d_i [m]	J_L [m ²]	J_T [m ²]
1	-0.45	0.35	0.57	3.5	2.5
2	-0.34	0.35	0.49	J_{TOR} [m ²]	N. Bulloni
3	-0.23	0.35	0.42		
4	-0.11	0.35	0.37		
5	0.00	0.35	0.35		
6	0.11	0.35	0.37		
7	0.23	0.35	0.42		
8	0.34	0.35	0.49		
9	0.45	0.35	0.57		
10	-0.45	0.24	0.51		
11	0.45	0.24	0.51		
12	-0.45	0.12	0.47		
13	0.45	0.12	0.47		
14	-0.45	0.00	0.45		
15	0.45	0.00	0.45		
16	-0.45	-0.12	0.47		
17	0.45	-0.12	0.47		
18	-0.45	-0.24	0.51		
19	0.45	-0.24	0.51		
20	-0.45	-0.35	0.57		
21	-0.34	-0.35	0.49		
22	-0.23	-0.35	0.42		
23	-0.11	-0.35	0.37		
24	0.00	-0.35	0.35		
25	0.11	-0.35	0.37		
26	0.23	-0.35	0.42		
27	0.34	-0.35	0.49		
28	0.45	-0.35	0.57		

Vengono riportate le verifiche del giunto nella sola combinazione di carico STR-1 (combinazione dimensionante a Stato Limite Ultimo).

N. Bullone	N _{bull} [kN]	V _{bullX} [kN]	V _{bullY} [kN]	V _{bullT} [kN]	V _{bull} [kN]	F _{v,Ed} [kN]	F _{t,Ed} [kN]	F _{v,Rd} [kN]	F _{t,Rd} [kN]	VER-1 [-]	VER-2 [-]
1	2.95	-2.23	-2.24	5.52	8.67	8.67	2.95	135.55	203.33	0.07	0.01
2	-13.79	-2.23	-2.24	4.71	7.87	7.87	0	135.55	203.33	0.06	0.00
3	-30.54	-2.23	-2.24	4.03	7.15	7.15	0	135.55	203.33	0.05	0.00
4	-47.29	-2.23	-2.24	3.56	6.53	6.53	0	135.55	203.33	0.05	0.00
5	-64.03	-2.23	-2.24	3.39	6.05	6.05	0	135.55	203.33	0.04	0.00
6	-80.78	-2.23	-2.24	3.56	5.73	5.73	0	135.55	203.33	0.04	0.00
7	-97.53	-2.23	-2.24	4.03	5.62	5.62	0	135.55	203.33	0.04	0.00
8	-114.27	-2.23	-2.24	4.71	5.71	5.71	0	135.55	203.33	0.04	0.00
9	-131.02	-2.23	-2.24	5.52	6.00	6.00	0	135.55	203.33	0.04	0.00
10	23.08	-2.23	-2.24	4.94	8.02	8.02	23.08	135.55	203.33	0.14	0.11
11	-110.89	-2.23	-2.24	4.94	5.02	5.02	0	135.55	203.33	0.04	0.00
12	45.03	-2.23	-2.24	4.51	7.42	7.42	45.03	135.55	203.33	0.21	0.22
13	-88.94	-2.23	-2.24	4.51	4.00	4.00	0	135.55	203.33	0.03	0.00
14	66.99	-2.23	-2.24	4.36	6.96	6.96	66.99	135.55	203.33	0.29	0.33
15	-66.99	-2.23	-2.24	4.36	3.08	3.08	0	135.55	203.33	0.02	0.00
16	88.94	-2.23	-2.24	4.51	6.68	6.68	88.94	135.55	203.33	0.36	0.44
17	-45.03	-2.23	-2.24	4.51	2.37	2.37	0	135.55	203.33	0.02	0.00
18	110.89	-2.23	-2.24	4.94	6.60	6.60	110.89	135.55	203.33	0.44	0.55
19	-23.08	-2.23	-2.24	4.94	2.12	2.12	0	135.55	203.33	0.02	0.00
20	131.02	-2.23	-2.24	5.52	6.70	6.70	131.02	135.55	203.33	0.51	0.64
21	114.27	-2.23	-2.24	4.71	5.63	5.63	114.27	135.55	203.33	0.44	0.56
22	97.53	-2.23	-2.24	4.03	4.57	4.57	97.53	135.55	203.33	0.38	0.48
23	80.78	-2.23	-2.24	3.56	3.53	3.53	80.78	135.55	203.33	0.31	0.40
24	64.03	-2.23	-2.24	3.39	2.52	2.52	64.03	135.55	203.33	0.24	0.31
25	47.29	-2.23	-2.24	3.56	1.64	1.64	47.29	135.55	203.33	0.18	0.23
26	30.54	-2.23	-2.24	4.03	1.17	1.17	30.54	135.55	203.33	0.12	0.15
27	13.79	-2.23	-2.24	4.71	1.56	1.56	13.79	135.55	203.33	0.06	0.07
28	-2.95	-2.23	-2.24	5.52	2.42	2.42	0	135.55	203.33	0.02	0.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

8.3.3 Tirafondi e piastra di base

Nella seguente tabella vengono riepilogate le sollecitazioni agenti all'incastro montante/plinto di fondazione per le combinazioni di carico a Stato Limite Ultimo.

	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
STR-1	0.00	-68.44	82.06	324.28	-540.59	-609.94
STR-2	0.00	-41.07	93.22	194.57	-627.08	-365.96
GEO-1	0.00	-59.32	65.00	281.04	-432.23	-528.61
GEO-2	0.00	-35.59	74.67	168.63	-507.18	-317.17
SLV-1 Max	3.49	1.01	55.23	4.04	-324.94	10.18
SLV-1 Min	-3.49	-1.01	52.18	-4.04	-356.93	-10.18
SLV-2 Max	1.10	3.37	54.70	13.48	-330.00	33.92
SLV-2 Min	-1.10	-3.37	52.71	-13.48	-351.87	-33.92
SLV-3 Max	1.60	1.01	56.81	4.04	-306.39	10.18
SLV-3 Min	-1.60	-1.01	50.60	-4.04	-375.48	-10.18

Dove:

F_x	forza orizzontale nella direzione perpendicolare al vento;
F_y	forza orizzontale nella direzione del vento;
F_z	forza verticale (positiva se di compressione);
M_x	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M_y	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
M_z	momento torcente per il montante verticale.

Di seguito si riportano le verifiche della piastra di base e dei tirafondi nelle due direzioni X e Y per il massimo momento generato dai carichi verticali (Comb. STR-2) e per il massimo momento generato dal vento (Comb. STR-1).

8.3.3.1 Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)

Disponendo a flessione 9 + 9 tirafondi M30 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 561 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d' - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-2. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto		Geometrie			
M =	627.08 KNm	h =	1000 mm	d =	900 mm
n =	6.00 -	b =	1400 mm	d' =	100 mm
		a =	500 mm	d'' =	100 mm
		h _M =	600 mm	x =	177 mm
		A _{RES,b} =	561 mm ²	s =	40 mm
		n _{b tesi} =	9	i =	800 mm
		n _{file bulloni} =	1	m =	132 mm

Sollecitazioni		Verifiche Piastra	
Massima compressione cls	$\sigma_c = 6.02 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{p,plastico} =$	187.78 N/mm ²
Massima trazione tassello	$\sigma_s = 147.67 \text{ N/mm}^2$		
Forze singolo bullone	N _b = 82.85 KN		
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} = 105.16 KNm		
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} = 74.56 KNm		

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 40 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 82.85 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 25.96 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M30 ha un'area resistente pari a 561 mm^2 di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 323 kN (N_{Rdu}) e 215 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disuguaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{82.85}{1.4 \cdot 323.0} \right) + \left(\frac{25.96}{215} \right) = 0.30 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

8.3.3.3 Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)

Disponendo a flessione 6 + 6 tirafondi M30 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 561 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-1. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	324.28 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	1400 mm	d =	1300 mm
b =	1000 mm	d' =	100 mm
a =	700 mm	d'' =	100 mm
h _M =	1000 mm	x =	210 mm
A _{RES,b} =	561 mm ²	s =	40 mm
n _{b tesi} =	6	i =	1200 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	132 mm

Sollecitazioni	
Massima compressione cls	$\sigma_c = 2.51 \text{ N/mm}^2$
Massima trazione tassello	$\sigma_s = 78.32 \text{ N/mm}^2$
Forze singolo bullone	N _b = 43.94 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} = 34.29 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} = 26.36 KNm

Verifiche Piastra	
$\sigma_{p,plastico} =$	85.72 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 40 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 43.94 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 43.26 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M30 ha un'area resistente pari a 561 mm^2 di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 323 kN (N_{Rdu}) e 215 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disequaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{43.94}{1.4 \cdot 323.0} \right) + \left(\frac{43.26}{215} \right) = 0.30 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

8.3.4 Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)

Si eseguono le verifiche a sfilamento secondo le ipotesi di tensioni massime di aderenza barre in acciaio-cls indicate nelle NTC (§ 4.1.2.1.1.4). Si considera, in favore di sicurezza, la parte rettilinea dei tirafondi immersa nel plinto escludendo l'“uncino” di lunghezza pari a 1200 mm.

$$f_{bk} = (2.25 \times \eta \times f_{ctk}) / \gamma_c = (2.25 \times 1.0 \times 1.79) / 1.5 = 2.69 \text{ MPa}$$

Nel caso di ancoraggi in zona di calcestruzzo teso la resistenza di aderenza va ridotta dividendola per 1.5.

$$F_{su} = 82.85 \text{ kN}$$

$$F_{ru} = f_{bk} \times \pi \times \varnothing L = (2.69 \times \pi \times 26.73 \times 1200) / 1.5 = 180.71 \text{ kN}$$

$$F_{su} < F_{ru} \quad \text{Verifica soddisfatta.}$$

8.4 Deformazioni

Vengono riepilogati nella tabella seguente i valori degli spostamenti nelle 3 direzioni degli estremi liberi della traversa orizzontale:

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
N6	SLE-1	Combination	6.22	112.66	-102.54
N6	SLE-2	Combination	7.12	67.59	-117.30
N6	Pesi Propri	Combination	5.32	0.00	-87.77

Dove:

U1 | spostamento orizzontale nel piano della targa (perpendicolare al vento);
U2 | spostamento orizzontale normale al piano della targa (direzione del vento);
U3 | spostamento verticale.

8.5 Analisi e dimensionamento fondazioni dirette

Nei paragrafi seguenti si descrivono i metodi utilizzati per i dimensionamenti e le verifiche delle fondazioni.

8.5.1 Verifiche allo SLU

Le verifiche di sicurezza delle fondazioni in progetto sono state condotte agli stati limite, secondo quanto previsto dal D.M. 14-01-08. Per ogni stato limite deve essere rispettata la relazione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione (carichi) o degli effetti delle azioni.
- R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno, determinata in modo analitico, con riferimento al valore dei parametri geotecnici.

La verifica della suddetta condizione è stata effettuata seguendo l'Approccio progettuale 1 nel quale sono previste due diverse combinazioni:

Combinazione 1 A1+M1+R1
 Combinazione 2 A2+M2+R2

La resistenza di progetto R_d è uguale alla resistenza caratteristica (R) calcolata nelle condizioni M1 e M2 (considerando i parametri geotecnici divisi per un coefficiente parziale γ_m – Tab. n. 13.1), tenendo conto del coefficiente parziale γ_R definito per le combinazioni R1 e R2 (Tab. n. 13.2).

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE γ_m	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.0	1.0

Coefficienti parziali parametri geotecnici del terreno (γ_m).

VERIFICA	Simbolo	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	γ_R	1.0	1.8	2.3
Scorrimento	γ_R	1.0	1.1	1.1
Resistenza del terreno a valle	γ_R	1.0	1.0	1.4

Coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche (γ_R).

8.5.2 Descrizione verifica di capacità portante

L'opera in progetto prevede una fondazione di tipo diretto, la verifica di capacità portante è stata svolta secondo quanto proposto da Brinch - Hansen. La portata di base è stata calcolata attraverso l'espressione proposta da Brinch - Hansen per le fondazioni superficiali. La portata limite unitaria è fornita dalla seguente espressione:

$$r_k = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$$

dove:

r_k	resistenza caratteristica per unità di superficie [kN/m ²];
γ'	peso specifico terreno [kN/m ³];
B'	larghezza della sottofondazione efficace [m];
L'	lunghezza della sottofondazione efficace [m];
D	profondità del piano di posa della sottofondazione;
q'	sovraccarico dovuto al peso del terreno posto sopra il livello di sottofondazione ($\gamma \times D$);
c'	coesione [kPa];
$N_q - N_c - N_\gamma$	fattori di capacità portante;
$s_q - s_c - s_\gamma$	fattori di forma (secondo De Beer);
$d_q - d_c - d_\gamma$	fattori di profondità (secondo Brinch Hansen);
$i_q - i_c - i_\gamma$	fattori correttivi dovuti all'inclinazione del carico (secondo Brinch Hansen).

I coefficienti di capacità portante sono:

$$N_\phi = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_q = N_{\phi'} \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}\phi}$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\text{tg}\phi}$$

$$N_\gamma = 2.0 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}\phi$$

I coefficienti s_γ , s_q , s_c sono i fattori di forma correttivi e sono calcolati secondo De Beer (per fondazioni con $B < L$):

$$s_c = 1 + \frac{B'}{L'} \times \frac{N_q}{N_c}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \text{tg}\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B'}{L'}$$

I coefficienti d_γ , d_q , d_c sono i fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B} \cdot \text{tg}\phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \quad \text{per } D/B \leq 1 \quad (1)$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}\phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \text{ctg}\left(\frac{D}{B}\right) \quad \text{per } D/B > 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}\phi}$$

$$d_\gamma = 1$$

(1) Nel caso in cui D/B sia maggiore di 1 si considera cautelativamente $d_q = 1$.

I coefficienti i_y , i_q , i_c sono i fattori dipendenti dall'inclinazione del carico:

$$i_y = \left(1 - \frac{F_H / (B' \cdot L')}{\frac{N}{(B' \cdot L')} + c \cdot \operatorname{tg} \phi} \right)^{m+1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{F_H / (B' \cdot L')}{\frac{N}{(B' \cdot L')} + c \cdot \operatorname{tg} \phi} \right)^m$$

$$i_c = \left(i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \operatorname{tg} \phi} \right)$$

dove:

$$m = m_L \cdot \cos^2 \vartheta + m_B \cdot \sin^2 \vartheta$$

$$m_B = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'}$$

$$m_L = \frac{2 + L'/BL'}{1 + L'/B'}$$

ϑ angolo che F_H forma con il lato L.

Essendo la fondazione in esame doppiamente eccentrica (rispetto all'asse x-x e y-y) le dimensioni effettive della fondazione (B' e L') sono state calcolate mediante la teoria proposta da Highter and Anders (1985).

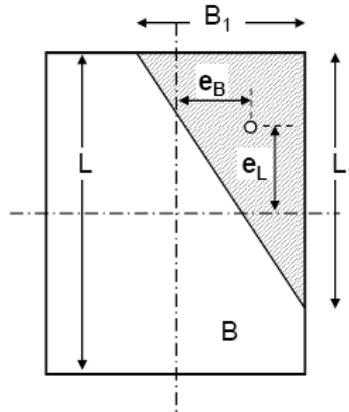
Si definiscono le eccentricità in entrambe le direzioni:

$$e_B = M_2 / F_3$$

$$e_L = M_1 / F_3$$

L'area di fondazione effettivamente reagente A' , quindi le lunghezze B' e L' , sono definiti in funzione dei parametri e_L/L e e_B/B . La teoria individua i seguenti quattro possibili scenari.

CASO 1 $e_L/L \geq 1/6$ e $e_B/B \geq 1/6$



$$B_1 = B (1.5 - 3 e_B/B)$$

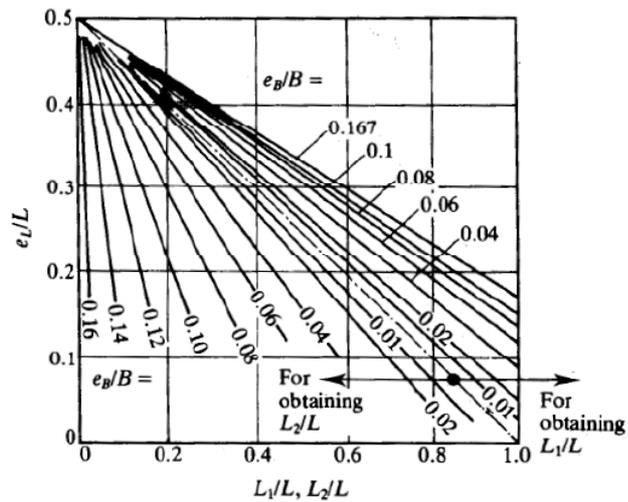
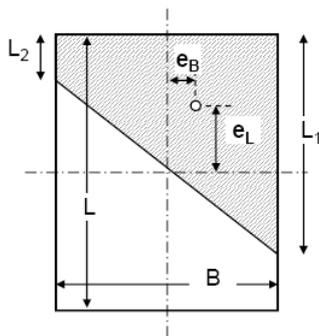
$$L_1 = L (1.5 - 3 e_L/L)$$

$$A' = \frac{1}{2} B_1 \times L_1$$

$$L' = \max (B_1 ; L_1)$$

$$B' = A' / L'$$

CASO 2 $e_L/L < 0.5$ e $0 < e_B/B < 1/6$



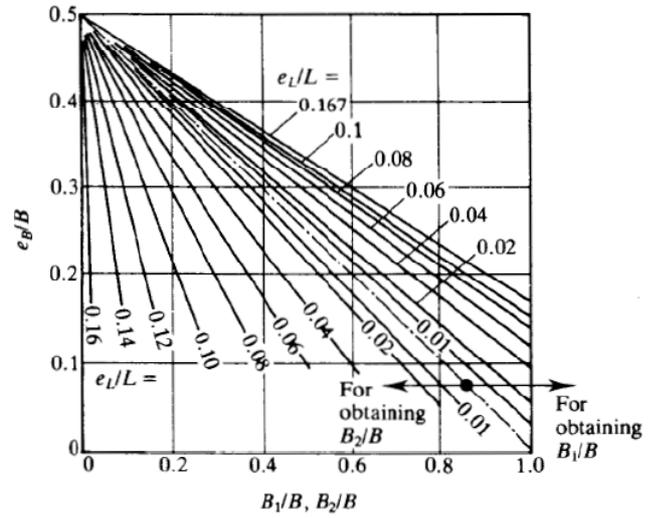
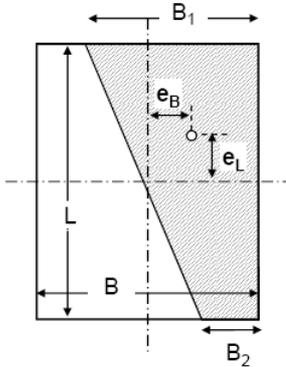
$$A' = \frac{1}{2} B \times (L_1 + L_2)$$

Il valore di L_1 e L_2 viene ricavato dal grafico.

$$L' = \max (L_1 ; L_2)$$

$$B' = A' / \max (L_1 ; L_2)$$

CASO 3 $e_L/L < 1/6$ e $0 < e_B/B < 0.5$



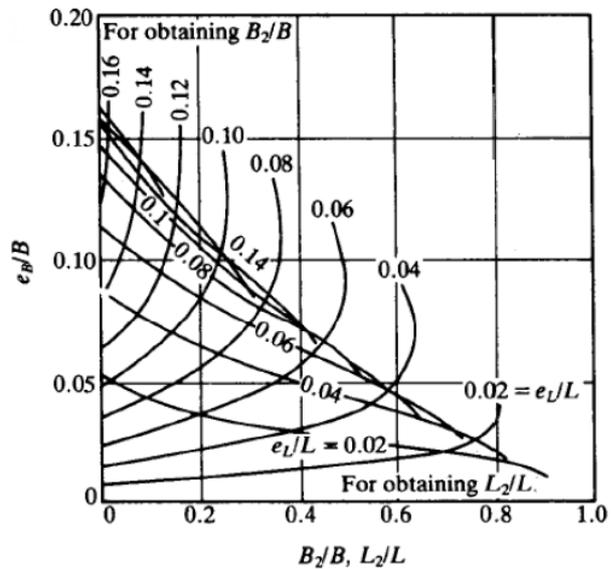
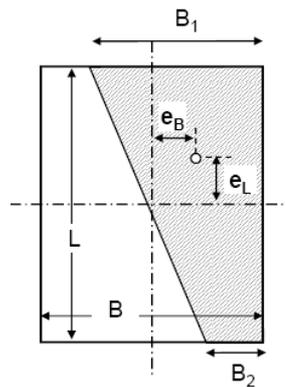
$$A' = \frac{1}{2} L \times (B_1 + B_2)$$

Il valore di B_1 e B_2 viene ricavato dal grafico.

$$L' = L$$

$$B' = A' / L$$

CASO 4 $e_L/L < 1/6$ e $e_B/B < 1/6$



$$A' = L_2 \times B + \frac{1}{2} (L - L_2) \times (B + B_2)$$

Il valore di B_1 e B_2 viene ricavato dal grafico.

$$L' = L$$

$$B' = A' / L$$

8.6 Verifica fondazione diretta

Il plinto del portale è caratterizzato dalla seguente geometria:

B = 3.50 m
 L = 4.50 m
 H = 1.30 m
 D = 1.30 m (affondamento del piano di posa della fondazione)

Al centro del plinto è presente un dado di dimensioni 1.60x1.60x0.90 m. Il plinto in c.a. pesa quindi $N_{pl} = 569.48$ kN.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e di ricoprimento, utilizzate per le verifiche, sono le seguenti:

<i>Terreno di fondazione</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	18	18
Φ	34°	28.35°
c' [kPa]	0.0	0.0

<i>Terreno di ricoprimento</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	20	20
Φ	35°	29.26°
c' [kPa]	0.0	0.0

La falda è posta cautelativamente in corrispondenza al piano di posa della fondazione.

8.6.1 Verifica di capacità portante

Si verifica la capacità portante del plinto, sia nel caso GEO sia in quello STR, considerando le due combinazioni più gravose, riportate nella seguente tabella.

Sollecitazioni a base montante:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-68.44	82.06	324.28	-540.59	-609.94
GEO-1	0.00	-59.32	65.00	281.04	-432.23	-528.61

Sollecitazioni a intradosso fondazione

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.000	-68.445	1096.725	474.859	-540.594	-609.935
GEO-1	0.000	-59.319	845.511	411.544	-432.227	-528.611

Combinazione STR
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE STR
Geometria

B	3.5	m
L	4.5	m
H	1.3	m
D	1.3	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	68.445	kN
F3	1096.73	kN
M1	474.86	kNm
M2	540.594	kNm
M3	609.94	kNm

Eccentricità

e_B	0.493	m
e_L	0.433	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	10.30	m ²
L'	4.50	m
B'	2.29	m

Parametri

L1	0.00	m
L2	0.35	m
B1	0.00	m
B2	0.88	m

Verifica

r_k	755.65	kN/m ²
r_d	755.65	kN/m ²
F_{Rd}	7785.52	kN
FS	7.10	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	9	9	kN/m ³
Φ	34	28.35	°
c'	0	0	kPa
E	18.5	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	3.537
N_q	29.440
N_c	42.164
N_γ	41.064

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.343
s_c	1.355
s_γ	0.796

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.097
d_c	1.101
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.860
i_q	0.917
i_c	0.915

Combinazione GEO

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE GEO

Geometria

B	3.5	m
L	4.5	m
H	1.3	m
D	1.3	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	59.32	kN
F3	845.51	kN
M1	411.54	kNm
M2	432.23	kNm
M3	528.61	kNm

Eccentricità

e_B	0.511	m
e_L	0.487	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	9.87	m ²
L'	4.50	m
B'	2.19	m

Parametri

L1	0.00	m
L2	0.30	m
B1	0.00	m
B2	0.70	m

Verifica

r_k	346.00	kN/m ²
r_d	192.22	kN/m ²
F_{Rd}	1897.22	kN
FS	2.24	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	9	9	kN/m ³
Φ	34	28.35	°
c'	0	0	kPa
E	18.5	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	2.809
N_q	15.301
N_c	26.503
N_γ	17.592

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.263
s_c	1.281
s_γ	0.805

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.111
d_c	1.118
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.844
i_q	0.908
i_c	0.902

8.6.2 Verifica a scorrimento

Le combinazioni dimensionanti per la verifica a scorrimento sono ancora la STR – 1 e la GEO – 1. Le sollecitazioni sono riportate nella seguente tabella:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.000	-68.445	1096.725	474.859	-540.594	-609.935
GEO-1	0.000	-59.319	845.511	411.544	-432.227	-528.611

Combinazione STR

$$T_d = F2 = 68.45 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 739.77 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 10.81}$$

Combinazione GEO

$$T_d = F2 = 59.32 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 456.21 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 7.69}$$

8.6.3 Verifica al ribaltamento

Secondo le N.T.C. 2008 lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I (delle NTC2008) e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Le sollecitazioni di verifica sono le seguenti:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
EQU-1	0.000	-68.445	750.797	474.859	-306.841	-609.935
EQU-2	0.000	-41.067	773.117	284.915	-479.821	-365.961

In direzione y , il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione del vento ed è individuato nella condizione EQU – 1. Si ha pertanto:

$$M_{\text{rib}} = M1 = 474.86 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = N_{\text{tot}} * L/2 = 750.80 * 4.5/2 = 1689.30 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{FS = 3.55}$$

In direzione x , il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione dei pesi propri ed è individuato nella condizione EQU – 2. Si ha pertanto:

$$M_{\text{rib}} = M2 = 479.82 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = N_{\text{tot}} * B/2 = 773.12 * 3.5/2 = 1352.96 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{FS = 2.82}$$

8.6.4 Armatura dado plinto di fondazione

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le verifiche alla base del dado in cls di dimensioni 1.60x1.60x0.90m, le armature così ottenute vengono disposte sull'intera fondazione come riportato negli elaborati grafici di progetto.

	F1	F2	F3	M1	M2
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
SLE-1	0.000	-45.630	118.744	257.254	-398.594
SLE-2	0.000	-27.378	126.184	154.352	-456.254
STR-1	0.000	-68.445	156.935	385.880	-540.594
STR-2	0.000	-41.067	168.095	231.528	-627.084

Dati

Nome sezione: 160x160 M20

Tipo sezione Rettangolare
 Base 160.0 [cm]
 Altezza 160.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione 25600.00 [cmq]
 Inerzia in direzione X 54613333.3 [cm⁴]
 Inerzia in direzione Y 54613333.3 [cm⁴]
 Inerzia in direzione XY 0.0 [cm⁴]
 Ascissa baricentro sezione X_G = 80.00 [cm]
 Ordinata baricentro sezione Y_G = 80.00 [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine
 N° numero d'ordine
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
 d Diametro ferro espresso in [mm]
 ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	153.00	153.00	20	3.14
2	134.75	153.00	20	3.14
3	116.50	153.00	20	3.14
4	98.25	153.00	20	3.14
5	80.00	153.00	20	3.14
6	61.75	153.00	20	3.14
7	43.50	153.00	20	3.14
8	25.25	153.00	20	3.14
9	7.00	153.00	20	3.14
10	7.00	7.00	20	3.14
11	25.25	7.00	20	3.14
12	43.50	7.00	20	3.14
13	61.75	7.00	20	3.14
14	80.00	7.00	20	3.14
15	98.25	7.00	20	3.14
16	116.50	7.00	20	3.14
17	134.75	7.00	20	3.14
18	153.00	7.00	20	3.14
19	7.00	143.00	20	3.14
20	7.00	127.25	20	3.14
21	7.00	111.50	20	3.14
22	7.00	95.75	20	3.14
23	7.00	80.00	20	3.14
24	7.00	64.25	20	3.14
25	7.00	48.50	20	3.14
26	7.00	32.75	20	3.14
27	7.00	17.00	20	3.14
28	153.00	17.00	20	3.14

29	153.00	32.75	20	3.14
30	153.00	48.50	20	3.14
31	153.00	64.25	20	3.14
32	153.00	80.00	20	3.14
33	153.00	95.75	20	3.14
34	153.00	111.50	20	3.14
35	153.00	127.25	20	3.14
36	153.00	143.00	20	3.14

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	30.000	[N/mm ²]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[N/mm ²]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[N/mm ²]
Modulo elastico E	205942.924	[N/mm ²]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sfuerzo normale espresso in [kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _x	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	0.0000	540.5900	385.8800	0.0000	68.4500	0.0000	SI	NO
2	0.0000	627.0800	231.5300	0.0000	41.0700	0.0000	SI	NO
3	0.0000	398.5900	257.2500	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
4	0.0000	456.2500	154.3500	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER

Risultati taglio

Simbologia adottata

Dir Direzione di azione del taglio
 V_{Rd} Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
 V_{Rcd} Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]
 nb Numero bracci staffe
 Diametro e passo staffe sono i più cautelativi ottenuti dalla verifica a taglio nelle due direzioni.

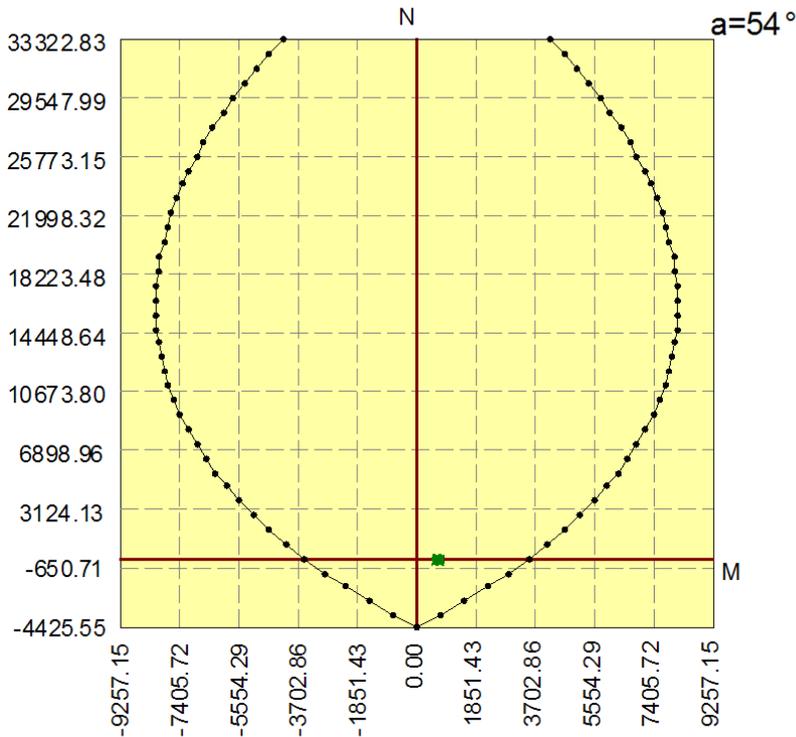
Dir	T	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	nb
X	0.0000	821.3455	--	--	--
Y	68.4500	821.3455	--	--	--

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0.0000	<u>2049.4762</u>	<u>2871.1681</u>	5.31
0.0000	<u>3175.6709</u>	540.5900	8.23
0.0000	385.8800	<u>3162.8360</u>	5.85



Risultati taglio

Simbologia adottata

Dir Direzione di azione del taglio
 V_{Rd} Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
 V_{Rcd} Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]
 nb Numero bracci staffe
 Diametro e passo staffe sono i più cautelativi ottenuti dalla verifica a taglio nelle due direzioni.

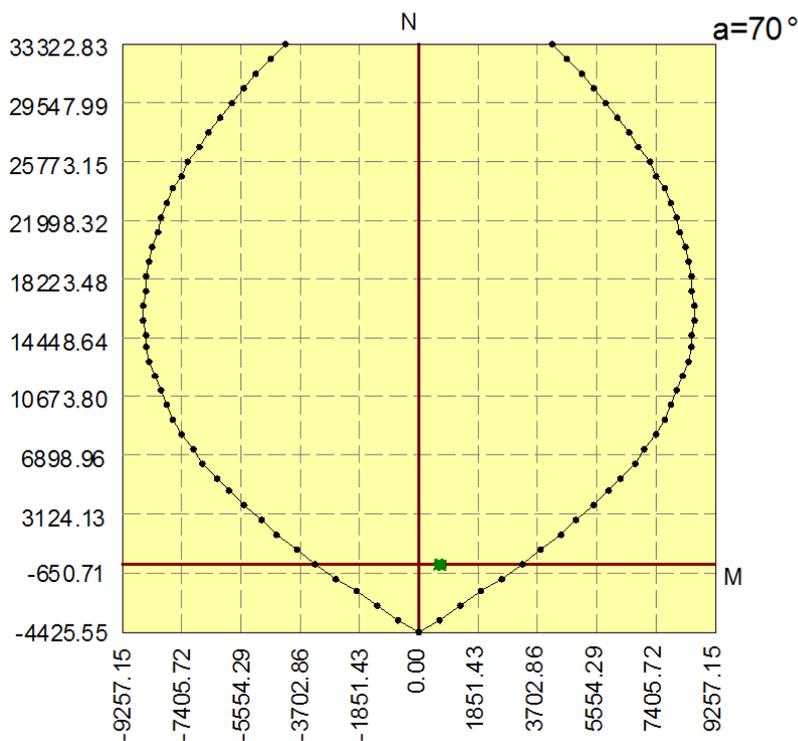
Dir	T	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	nb
X	0.0000	821.3455	--	--	--
Y	41.0700	821.3455	--	--	--

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0.0000	<u>1142.0612</u>	<u>3093.1791</u>	4.93
0.0000	<u>3169.1572</u>	627.0800	13.69
0.0000	231.5300	<u>3170.6506</u>	5.06



Combinazione n° 3
Risultati tensioni ammissibili
Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso	58.494	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(0.00 ; 175.09) (347.64 ; 0.00)	
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale	-26.733	[°]

Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	2.205	[N/mm ²]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione massima nel ferro	27.762	[N/mm ²]
Tensione minima nel ferro	-83.115	[N/mm ²]

Combinazione n° 4
Risultati tensioni ammissibili
Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso	47.902	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(-51.07 ; 160.00) (635.55 ; 0.00)	
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale	-13.117	[°]

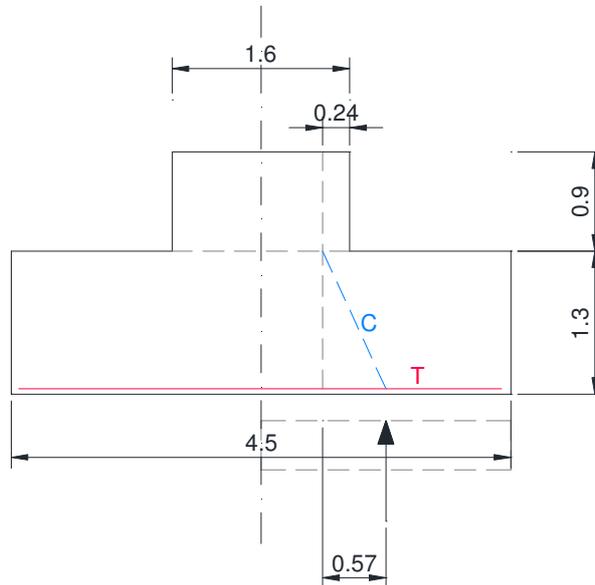
Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	1.936	[N/mm ²]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione massima nel ferro	23.943	[N/mm ²]
Tensione minima nel ferro	-82.339	[N/mm ²]

Dati gli esigui tassi di lavoro dell'armatura si omettono le verifiche a fessurazione.

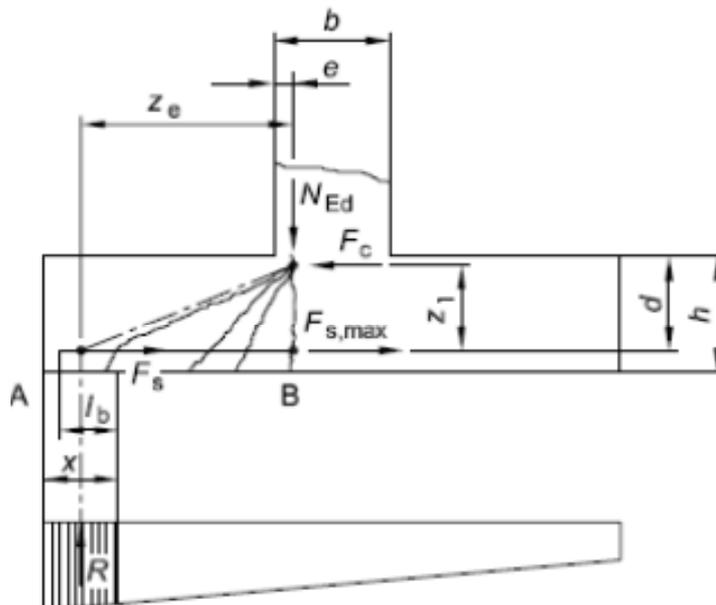
8.6.5 Armatura plinto di fondazione

Si verifica l'armatura del plinto di fondazione con il metodo tirante – puntone. A favore di sicurezza si considera agire sul plinto una distribuzione uniforme di pressioni, di intensità pari alla pressione media sul terreno $q = F_3/A'$.



$$R = q \cdot \frac{B}{2} \cdot L = 106.48 \cdot 3.5 \cdot 4.5 / 2 = 838.52 \text{ kN}$$

Come indicato al § 9.8.2.2 del UNI EN 1992-1-1:2005, la forza di trazione nell'armatura è determinata dalla condizione di equilibrio, considerando l'effetto delle fessure inclinate, come indicato nella seguente relazione:



$$F_s = T = R \frac{z_e}{z_i}$$

Dove:

z_e viene valutato assumendo $e = 0.15b = 0.15 \cdot 1.60 = 0.24$ m

z_i è assunto pari a $0.9d$

$$T = 838.52 \cdot 0.57 / 1.13 = 422.97 \text{ kN}$$

L'armatura minima necessaria è:

$$A_s = \frac{T}{f_{yd}} = 422.97 \cdot 10^3 / 391.3 \cong 1081 \text{ mm}^2$$

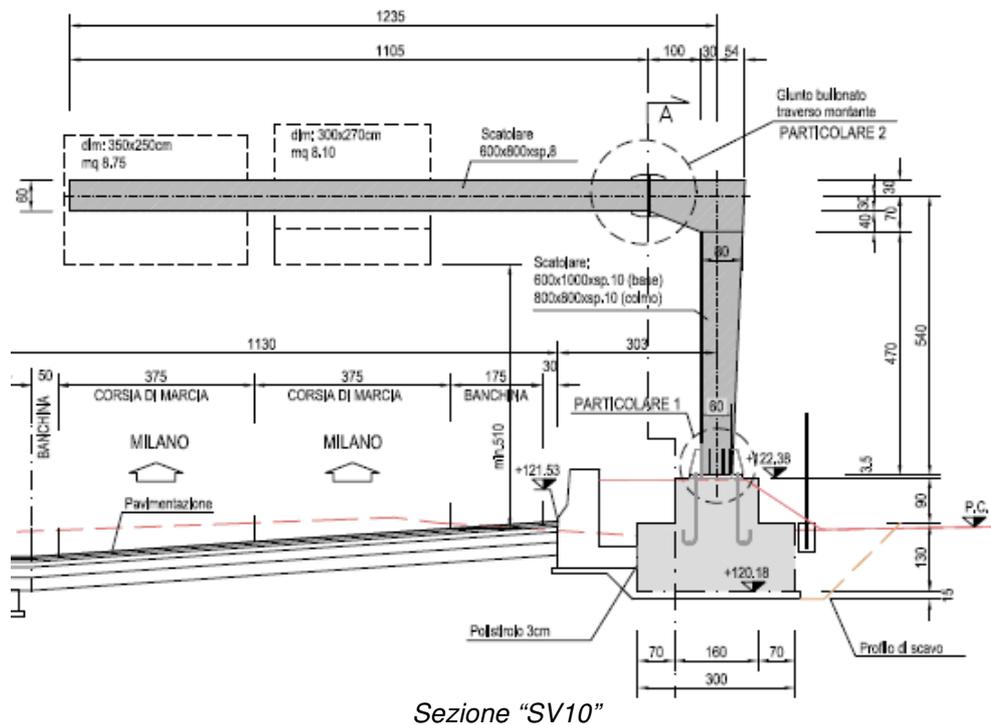
Si provvederà ad armare i plinti con ferri $\varnothing 20$ mm / 20 cm ai lembi esterni, con copriferro minimo di 4 cm.

9. SOSTEGNO A BANDIERA L = 12.50 m

Si analizza nel presente capitolo un sostegno a bandiera di lunghezza pari a 12.50 m, con altezza libera (misurata da estradosso plinto) di 5.50 m e con due targhe di dimensioni massime ognuna pari a 12.0 m².

I dimensionamenti e le verifiche di seguito riportati fanno riferimento ai seguenti sostegni a bandiera:

- Sostegno verticale "SV7" alla sez. 98 carreggiata nord - pk 2+394
- Sostegno verticale "SV9" alla sez. 123 carreggiata nord - pk 2+994
- Sostegno verticale "SV10" alla sez. 137 carreggiata nord - pk 3+319



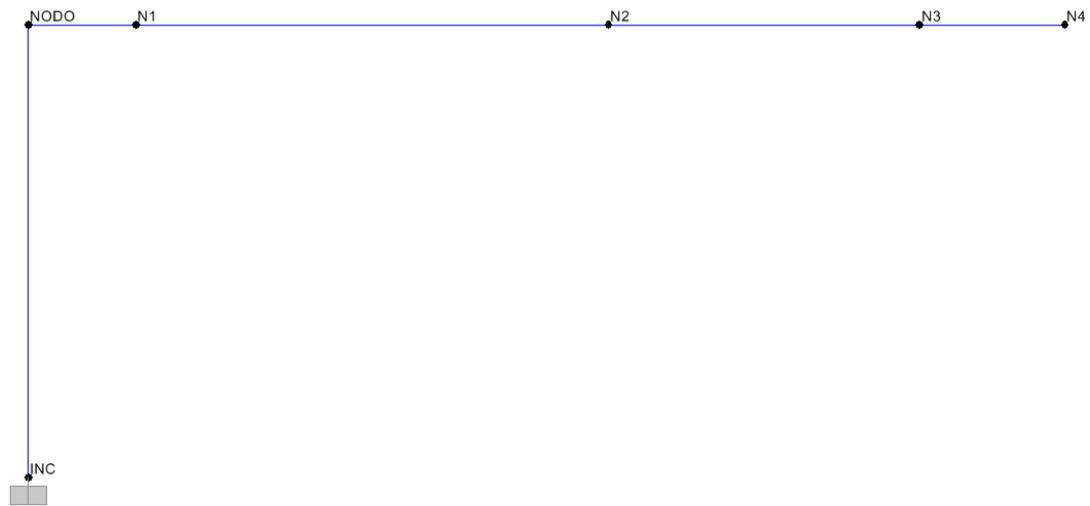
9.1 Schema di calcolo

Mediante il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced si schematizza il telaio metallico con l'ausilio di elementi monodimensionali tipo frame, di sezione e materiale corrispondenti a quelli reali.

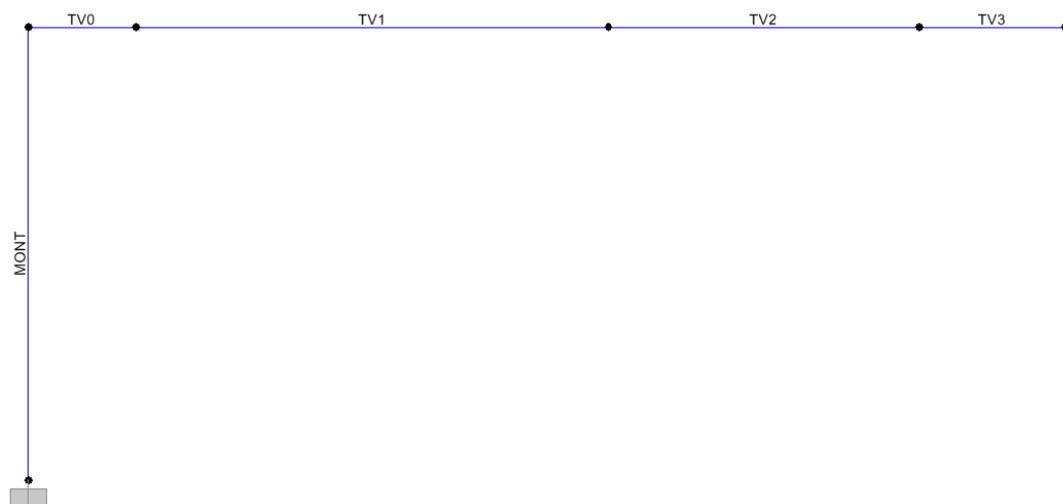
Il tabellone viene schematizzato con una forza puntuale in direzione della gravità e pari al peso dell'elemento.

Il vincolo di base (incastro perfetto) schematizza invece l'incastro della struttura portante in acciaio al cordolo di fondazione in c.a.

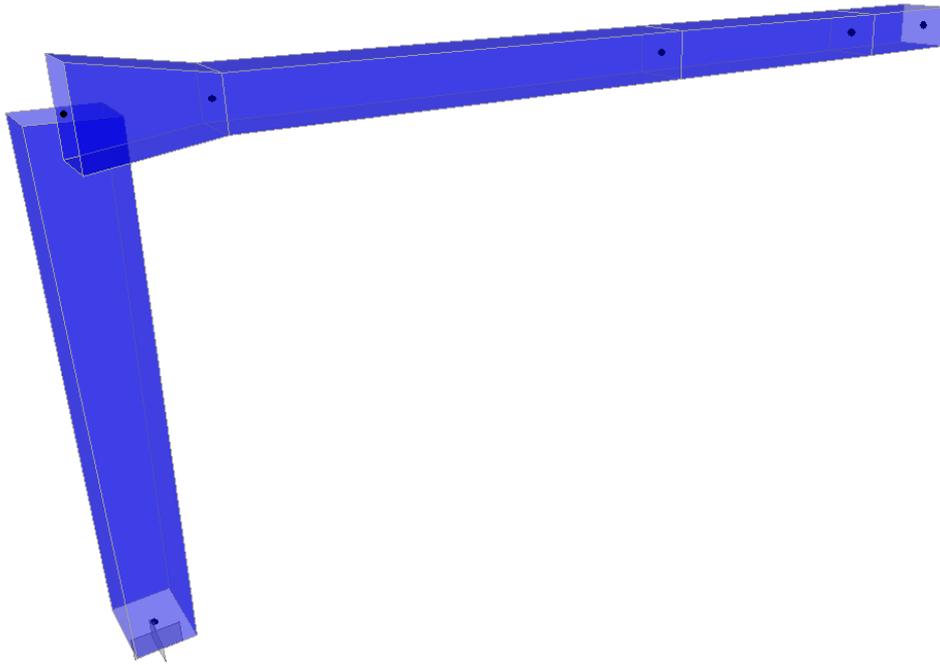
Per maggiore chiarezza vengono riportate nelle seguenti figure la denominazione dei nodi, delle aste e una vista assometrica in 3D.



Etichette nodi



Etichette aste



Vista assometrica in 3D

9.2 Modi di vibrare in fase sismica

In base agli spettri di risposta riportati nel paragrafo 5.4, viene di seguito riportata una tabella riepilogativa dei modi di vibrare della struttura.

Si precisa che le masse in gioco sono relative alla struttura in acciaio (incrementata del 10%) ed alle targhe (inserite come masse puntuali).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODALE	Mode	1	0.3759	0.00%	57.76%	0.00%	0.00%	57.76%	0.00%
MODALE	Mode	2	0.3581	6.19%	0.00%	49.54%	6.19%	57.76%	49.54%
MODALE	Mode	3	0.1014	87.82%	0.00%	0.68%	94.02%	57.76%	50.22%
MODALE	Mode	4	0.0685	0.00%	40.83%	0.00%	94.02%	98.59%	50.22%
MODALE	Mode	5	0.0423	5.38%	0.00%	8.91%	99.40%	98.59%	59.13%
MODALE	Mode	6	0.0355	0.00%	1.40%	0.00%	99.40%	99.99%	59.13%
MODALE	Mode	7	0.0113	0.53%	0.00%	23.48%	99.93%	99.99%	82.60%
MODALE	Mode	8	0.0093	0.00%	0.01%	0.00%	99.93%	100.00%	82.60%
MODALE	Mode	9	0.0093	0.01%	0.00%	1.73%	99.94%	100.00%	84.34%
MODALE	Mode	10	0.0075	0.00%	0.00%	0.00%	99.94%	100.00%	84.34%
MODALE	Mode	11	0.0074	0.01%	0.00%	0.28%	99.95%	100.00%	84.61%
MODALE	Mode	12	0.0050	0.05%	0.00%	15.39%	100.00%	100.00%	100.00%

Nelle combinazioni di carico, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, gli effetti sulla struttura sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- SLV_X: $1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Y: $0.30 E_x + 1.00 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Z: $0.30 E_x + 0.30 E_y + 1.00 E_z$

9.3 Verifiche strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali dei seguenti elementi:

- Profili scatolari in acciaio (montanti e trasverso)
- Tirafondi e piastra di base

9.3.1 Profili scatolari in acciaio

La tabella seguente riporta i valori massimi di sollecitazione dei profili scatolari in acciaio: si eseguono all'inizio e alla fine di ogni elemento frame, considerando il punto più sollecitato di ogni sezione analizzata.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- Base montante: 600x1000x10 mm
- Testa montante: 800x800x10 mm
- Traverso TV0_inizio: 1000x800x10 mm
- Traverso TV0_fine: 600x800x10 mm
- Traverso TV1-TV2-TV3: 600x800x8 mm

9.3.1.1 Verifiche del montante

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _F	τ _{V2}	τ _{V3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
MONT	0.000	SLE-1	-50	0	34	243	201	219	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	2	21	22	32	53	22	65
MONT	0.000	SLE-2	-56	0	20	146	121	257	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	1	12	13	37	49	13	54
MONT	0.000	STR-1	-66	0	51	364	302	299	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	3	31	33	43	75	34	95
MONT	0.000	STR-2	-75	0	30	218	181	355	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	2	19	20	52	69	20	78
MONT	0.000	GEO-1	-52	0	44	315	262	240	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	2	27	29	35	62	29	80
MONT	0.000	GEO-2	-60	0	26	189	157	289	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-2	0	1	16	17	42	57	18	65
MONT	0.000	SLV-1	-43	3	1	6	4	198	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-1	0	0	0	0	29	28	1	28
MONT	0.000	SLV-1	-45	-3	-1	-6	-4	166	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-1	0	0	0	0	24	22	1	22
MONT	0.000	SLV-2	-43	1	3	19	14	189	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-1	0	0	2	2	28	28	2	28
MONT	0.000	SLV-2	-44	-1	-3	-19	-14	174	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-1	0	0	-2	-2	25	22	2	23
MONT	0.000	SLV-3	-41	1	1	6	4	203	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-1	0	0	0	0	29	29	1	29
MONT	0.000	SLV-3	-46	-1	-1	-6	-4	161	0.0316	0.0118	0.0198	0.0117	0.0069	0.0090	-1	0	0	0	0	23	21	1	22
MONT	5.500	SLE-1	-35	0	30	243	26	219	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	2	19	3	26	28	21	46
MONT	5.500	SLE-2	-41	0	18	146	16	257	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	1	12	2	30	31	13	38
MONT	5.500	STR-1	-47	0	45	364	39	299	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	3	29	5	35	38	32	67
MONT	5.500	STR-2	-56	0	27	218	23	355	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-2	0	2	17	3	42	43	19	54
MONT	5.500	GEO-1	-37	0	39	315	34	240	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	2	25	4	28	31	28	57
MONT	5.500	GEO-2	-45	0	23	189	20	289	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	1	15	2	34	35	17	45
MONT	5.500	SLV-1	-28	3	1	6	0	191	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	0	0	22	22	1	22
MONT	5.500	SLV-1	-30	-3	-1	-6	0	173	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	0	0	20	19	0	19
MONT	5.500	SLV-2	-28	1	3	19	0	187	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	1	0	22	21	2	21
MONT	5.500	SLV-2	-29	-1	-3	-19	0	176	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	-1	0	21	20	2	20
MONT	5.500	SLV-3	-26	1	1	6	0	199	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	0	0	23	23	1	23
MONT	5.500	SLV-3	-31	-1	-1	-6	0	165	0.0316	0.0158	0.0158	0.0125	0.0085	0.0085	-1	0	0	0	0	19	18	0	18

9.3.1.2 Verifiche del traverso

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _r	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _t	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{deale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV0	0.000	SLE-1	0	-35	-30	-26	-243	-219	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	-2	-2	-25	-20	-45	4	45
TV0	0.000	SLE-2	0	-41	-18	-16	-146	-257	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	-1	-1	-15	-23	-38	3	39
TV0	0.000	STR-1	0	-47	-45	-39	-364	-299	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	-3	-2	-37	-27	-64	5	65
TV0	0.000	STR-2	0	-56	-27	-23	-218	-355	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-3	-2	-1	-22	-32	-55	4	55
TV0	0.000	GEO-1	0	-37	-39	-34	-315	-240	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	-2	-2	-22	-22	-54	5	55
TV0	0.000	GEO-2	0	-45	-23	-20	-189	-289	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	-1	-1	-19	-26	-46	4	46
TV0	0.000	SLV-1	2	-28	1	0	6	-173	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-1	0	0	1	-16	-15	1	15
TV0	0.000	SLV-2	-1	-28	2	0	19	-176	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-1	0	0	2	-16	-14	1	14
TV0	0.000	SLV-3	1	-29	-2	0	-19	-187	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-1	0	0	-2	-17	-19	1	19
TV0	0.000	SLV-3	1	-27	1	0	6	-165	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-1	0	0	1	-15	-14	1	15
TV0	0.000	SLV-3	-1	-31	-1	0	-6	-199	0.0356	0.0198	0.0158	0.0156	0.0110	0.0098	0	-2	0	0	-1	-18	-19	2	19
TV0	1.300	SLE-1	0	-30	-29	-26	-204	-177	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-2	-3	-31	-31	-62	5	62
TV0	1.300	SLE-2	0	-36	-17	-16	-123	-207	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-1	-2	-18	-36	-55	5	55
TV0	1.300	STR-1	0	-41	-43	-39	-307	-242	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-3	-4	-46	-42	-88	8	89
TV0	1.300	STR-2	0	-49	-26	-23	-184	-287	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-4	-2	-3	-28	-50	-78	7	79
TV0	1.300	GEO-1	0	-33	-37	-34	-266	-195	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-2	-4	-40	-34	-74	6	75
TV0	1.300	GEO-2	0	-40	-22	-20	-159	-234	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-3	-1	-2	-24	-41	-65	6	65
TV0	1.300	SLV-1	2	-24	1	0	5	-139	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	1	-24	-23	2	24
TV0	1.300	SLV-1	-2	-26	-1	0	-5	-155	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-1	-27	-28	2	28
TV0	1.300	SLV-2	1	-24	2	0	16	-142	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	2	-25	-22	2	23
TV0	1.300	SLV-2	-1	-26	-2	0	-16	-152	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-2	-27	-29	2	29
TV0	1.300	SLV-3	1	-23	1	0	5	-133	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	1	-23	-22	2	23
TV0	1.300	SLV-3	-1	-27	-1	0	-5	-162	0.0276	0.0118	0.0158	0.0093	0.0057	0.0067	0	-2	0	0	-1	-28	-29	2	29
TV1	0.000	SLE-1	0	-30	-29	-26	-204	-177	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	-2	-3	-39	-39	-78	6	78
TV1	0.000	SLE-2	0	-36	-17	-16	-123	-207	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-4	-1	-2	-23	-46	-69	3	69
TV1	0.000	STR-1	0	-41	-43	-39	-307	-242	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-4	-3	-5	-58	-53	-111	9	112
TV1	0.000	STR-2	0	-49	-26	-23	-184	-287	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-5	-2	-3	-35	-63	-98	5	98
TV1	0.000	GEO-1	0	-33	-37	-34	-266	-195	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	-3	-5	-50	-43	-93	7	94
TV1	0.000	GEO-2	0	-40	-22	-20	-159	-234	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-4	-2	-3	-30	-51	-81	4	82
TV1	0.000	SLV-1	2	-24	1	0	5	-139	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	0	0	1	-31	-30	0	30
TV1	0.000	SLV-1	-2	-26	-1	0	-5	-155	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	0	0	-1	-34	-35	0	35
TV1	0.000	SLV-2	1	-24	2	0	16	-142	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	0	0	3	-31	-28	0	28
TV1	0.000	SLV-2	-1	-26	-2	0	-16	-152	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	0	0	-3	-33	-36	0	36
TV1	0.000	SLV-3	1	-23	1	0	5	-133	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	0	0	1	-29	-28	0	28
TV1	0.000	SLV-3	-1	-27	-1	0	-5	-162	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	0	0	-1	-35	-36	0	36
TV1	5.700	SLE-1	0	-17	-26	-26	-49	-43	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-2	-3	-9	-9	-19	5	21
TV1	5.700	SLE-2	0	-19	-16	-16	-30	-50	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-1	-2	-6	-11	-17	3	18
TV1	5.700	STR-1	0	-23	-39	-39	-74	-59	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-3	-5	-14	-13	-27	8	30
TV1	5.700	STR-2	0	-27	-24	-23	-44	-70	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	-2	-3	-8	-15	-24	5	25
TV1	5.700	GEO-1	0	-19	-34	-34	-64	-47	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-3	-5	-12	-10	-22	6	25
TV1	5.700	GEO-2	0	-22	-21	-20	-38	-57	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-2	-3	-7	-12	-20	4	21
TV1	5.700	SLV-1	2	-13	1	0	1	-33	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	5.700	SLV-1	-2	-15	-1	0	-1	-39	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	0	0	0	-9	-9	0	9
TV1	5.700	SLV-2	1	-14	2	0	5	-34	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	1	-7	-7	0	7
TV1	5.700	SLV-2	-1	-15	-2	0	-5	-37	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	0	0	-1	-8	-9	0	9
TV1	5.700	SLV-3	1	-12	1	0	1	-31	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	5.700	SLV-3	-1	-16	-1	0	-1	-40	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	0	0	0	-9	-9	0	9
TV2	0.000	SLE-1	0	-15	-13	-13	-49	-43	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-1	-2	-9	-9	-19	3	19
TV2	0.000	SLE-2	0	-18	-8	-8	-30	-50	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-1	-1	-6	-11	-17	2	17
TV2	0.000	STR-1	0	-20	-20	-20	-74	-59	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-2	-3	-14	-13	-27	4	28
TV2	0.000	STR-2	0	-24	-12	-12	-44	-70	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-3	-1	-2	-8	-15	-24	3	24
TV2	0.000	GEO-1	0	-16	-17	-17	-64	-47	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-1	-2	-12	-10	-22	4	23
TV2	0.000	GEO-2	0	-20	-10	-10	-38	-57	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-2	-1	-1	-7	-12	-20	2	20
TV2	0.000	SLV-1	1	-12	0	0	1	-33	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV2	0.000	SLV-1	-1	-13	0	0	-1	-39	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-9	-9	0	9
TV2	0.000	SLV-2	0	-12	1	0	5	-34	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	1	-7	-7	0	7
TV2	0.000	SLV-2	0	-13	-1	0	-5	-37	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	-1	-8	-9	0	9
TV2	0.000	SLV-3	0	-11	0	0	1	-31	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV2	0.000	SLV-3	0	-13	0	0	-1	-40	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-9	-9	0	9
TV2	3.750	SLE-1	0	-6	-13	-13	0	-4	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	2	4
TV2	3.750	SLE-2	0	-7	-8	-																	

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _r	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _r	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV3	0.000	SLE-1	0	-4	0	0	0	-4	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLE-2	0	-5	0	0	0	-4	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	STR-1	0	-6	0	0	0	-5	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	STR-2	0	-7	0	0	0	-6	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	GEO-1	0	-4	0	0	0	-4	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	GEO-2	0	-6	0	0	0	-5	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLV-1	0	-3	0	0	0	-3	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLV-1	0	-4	0	0	0	-3	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLV-2	0	-3	0	0	0	-3	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLV-2	0	-3	0	0	0	-3	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLV-3	0	-3	0	0	0	-2	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	0.000	SLV-3	0	-4	0	0	0	-3	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV3	1.750	SLE-1	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLE-2	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	STR-1	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	STR-2	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	GEO-1	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	GEO-2	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV3	1.750	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0219	0.0095	0.0127	0.0075	0.0046	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0

9.3.2 Giunti flangiati

I giunti flangiati della traversa vengono dimensionati secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare si considera:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni (M22):

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 303}{1.25} \cdot 10^{-3} = 116.35 \text{ kN}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni (M22):

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 800 \cdot 303}{1.25} \cdot 10^{-3} = 174.53 \text{ kN}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{indicata in seguito con la dicitura VER-1})$$

con la limitazione: $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$ (indicata in seguito con la dicitura VER-2)

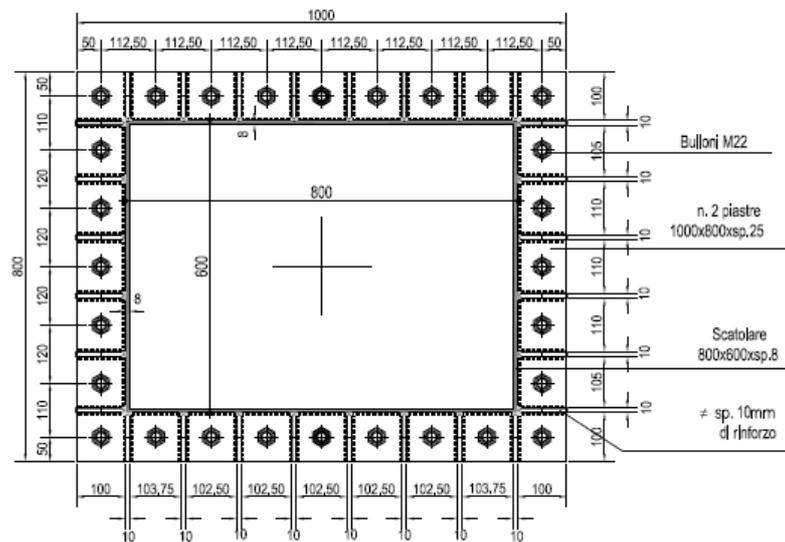
La tabella seguente riporta le azioni agenti nella sezione del giunto flangiato.

Combinazione	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE-1	0.000	-30.392	-28.820	-26.000	-204.478	-177.305
SLE-2	0.000	-35.768	-17.292	-15.600	-122.687	-207.410
STR-1	0.000	-41.305	-43.230	-39.000	-306.717	-241.971
STR-2	0.000	-49.369	-25.938	-23.400	-184.030	-287.130
GEO-1	0.000	-33.085	-37.466	-33.800	-265.822	-194.518
GEO-2	0.000	-40.074	-22.480	-20.280	-159.493	-233.655
SLV-1 Max	1.770	-24.068	0.594	0.000	4.797	-139.023
SLV-1 Min	-1.770	-25.964	-0.594	0.000	-4.797	-155.376
SLV-2 Max	0.545	-24.432	1.980	0.000	15.989	-142.410
SLV-2 Min	-0.545	-25.600	-1.980	0.000	-15.989	-151.988
SLV-3 Max	0.684	-23.218	0.594	0.000	4.797	-132.677
SLV-3 Min	-0.684	-26.814	-0.594	0.000	-4.797	-161.721

Dove:

P	forza assiale;
V2	forza verticale;
V3	forza orizzontale nella direzione del vento;
M2	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M3	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
T	momento torcente.

Il giunto presenta le seguenti caratteristiche geometriche:



N. Bullone	d_L [m]	d_T [m]	d_i [m]	J_L [m ²]	J_T [m ²]
1	-0.45	0.35	0.57	3.5	2.5
2	-0.34	0.35	0.49	J_{TOR} [m ²]	N. Bulloni
3	-0.23	0.35	0.42		
4	-0.11	0.35	0.37		
5	0.00	0.35	0.35		
6	0.11	0.35	0.37		
7	0.23	0.35	0.42		
8	0.34	0.35	0.49		
9	0.45	0.35	0.57		
10	-0.45	0.24	0.51		
11	0.45	0.24	0.51		
12	-0.45	0.12	0.47		
13	0.45	0.12	0.47		
14	-0.45	0.00	0.45		
15	0.45	0.00	0.45		
16	-0.45	-0.12	0.47		
17	0.45	-0.12	0.47		
18	-0.45	-0.24	0.51		
19	0.45	-0.24	0.51		
20	-0.45	-0.35	0.57		
21	-0.34	-0.35	0.49		
22	-0.23	-0.35	0.42		
23	-0.11	-0.35	0.37		
24	0.00	-0.35	0.35		
25	0.11	-0.35	0.37		
26	0.23	-0.35	0.42		
27	0.34	-0.35	0.49		
28	0.45	-0.35	0.57		

Vengono riportate le verifiche del giunto nella sola combinazione di carico STR-1 (combinazione dimensionante a Stato Limite Ultimo).

N. Bullone	N _{bull} [kN]	V _{bullX} [kN]	V _{bullY} [kN]	V _{bullT} [kN]	V _{bull} [kN]	F _{v,Ed} [kN]	F _{t,Ed} [kN]	F _{v,Rd} [kN]	F _{t,Rd} [kN]	VER-1 [-]	VER-2 [-]
1	4.98	-1.48	-1.54	3.68	5.81	5.81	4.98	116.35	174.53	0.07	0.03
2	-4.76	-1.48	-1.54	3.14	5.28	5.28	0	116.35	174.53	0.05	0.00
3	-14.50	-1.48	-1.54	2.69	4.79	4.79	0	116.35	174.53	0.04	0.00
4	-24.23	-1.48	-1.54	2.38	4.37	4.37	0	116.35	174.53	0.04	0.00
5	-33.97	-1.48	-1.54	2.26	4.04	4.04	0	116.35	174.53	0.03	0.00
6	-43.71	-1.48	-1.54	2.38	3.82	3.82	0	116.35	174.53	0.03	0.00
7	-53.45	-1.48	-1.54	2.69	3.74	3.74	0	116.35	174.53	0.03	0.00
8	-63.18	-1.48	-1.54	3.14	3.79	3.79	0	116.35	174.53	0.03	0.00
9	-72.92	-1.48	-1.54	3.68	3.98	3.98	0	116.35	174.53	0.03	0.00
10	15.65	-1.48	-1.54	3.29	5.38	5.38	15.65	116.35	174.53	0.11	0.09
11	-62.24	-1.48	-1.54	3.29	3.32	3.32	0	116.35	174.53	0.03	0.00
12	27.30	-1.48	-1.54	3.01	4.99	4.99	27.30	116.35	174.53	0.15	0.16
13	-50.60	-1.48	-1.54	3.01	2.63	2.63	0	116.35	174.53	0.02	0.00
14	38.95	-1.48	-1.54	2.91	4.69	4.69	38.95	116.35	174.53	0.20	0.22
15	-38.95	-1.48	-1.54	2.91	2.01	2.01	0	116.35	174.53	0.02	0.00
16	50.60	-1.48	-1.54	3.01	4.51	4.51	50.60	116.35	174.53	0.25	0.29
17	-27.30	-1.48	-1.54	3.01	1.53	1.53	0	116.35	174.53	0.01	0.00
18	62.24	-1.48	-1.54	3.29	4.45	4.45	62.24	116.35	174.53	0.29	0.36
19	-15.65	-1.48	-1.54	3.29	1.37	1.37	0	116.35	174.53	0.01	0.00
20	72.92	-1.48	-1.54	3.68	4.52	4.52	72.92	116.35	174.53	0.34	0.42
21	63.18	-1.48	-1.54	3.14	3.81	3.81	63.18	116.35	174.53	0.29	0.36
22	53.45	-1.48	-1.54	2.69	3.10	3.10	53.45	116.35	174.53	0.25	0.31
23	43.71	-1.48	-1.54	2.38	2.40	2.40	43.71	116.35	174.53	0.20	0.25
24	33.97	-1.48	-1.54	2.26	1.73	1.73	33.97	116.35	174.53	0.15	0.19
25	24.23	-1.48	-1.54	2.38	1.13	1.13	24.23	116.35	174.53	0.11	0.14
26	14.50	-1.48	-1.54	2.69	0.79	0.79	14.50	116.35	174.53	0.07	0.08
27	4.76	-1.48	-1.54	3.14	1.01	1.01	4.76	116.35	174.53	0.03	0.03
28	-4.98	-1.48	-1.54	3.68	1.57	1.57	0	116.35	174.53	0.01	0.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

9.3.3 Tirafondi e piastra di base

Nella seguente tabella vengono riepilogate le sollecitazioni agenti all'incastro montante/plinto di fondazione per le combinazioni di carico a Stato Limite Ultimo.

	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
STR-1	0.00	-50.57	66.36	301.98	-299.15	-363.85
STR-2	0.00	-30.34	75.36	181.19	-355.40	-218.31
GEO-1	0.00	-43.82	52.45	261.72	-240.26	-315.33
GEO-2	0.00	-26.29	60.25	157.03	-289.01	-189.20
SLV-1 Max	3.25	0.78	44.56	4.29	-166.16	5.60
SLV-1 Min	-3.25	-0.78	42.58	-4.29	-197.69	-5.60
SLV-2 Max	1.00	2.60	44.25	14.30	-174.44	18.67
SLV-2 Min	-1.00	-2.60	42.89	-14.30	-189.42	-18.67
SLV-3 Max	1.23	0.78	45.71	4.29	-161.18	5.60
SLV-3 Min	-1.23	-0.78	41.43	-4.29	-202.67	-5.60

Dove:

F_x	forza orizzontale nella direzione perpendicolare al vento;
F_y	forza orizzontale nella direzione del vento;
F_z	forza verticale (positiva se di compressione);
M_x	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M_y	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
M_z	momento torcente per il montante verticale.

Di seguito si riportano le verifiche della piastra di base e dei tirafondi nelle due direzioni X e Y per il massimo momento generato dai carichi verticali (Comb. STR-2) e per il massimo momento generato dal vento (Comb. STR-1).

9.3.3.1 Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)

Disponendo a flessione 9 + 9 tirafondi M27 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 459 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d' - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-2. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	355.40 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	1000 mm	d =	900 mm
b =	1400 mm	d' =	100 mm
a =	500 mm	d'' =	100 mm
h _M =	600 mm	x =	162 mm
A _{RES,b} =	459 mm ²	s =	35 mm
n _{b tesa} =	9	i =	800 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	132 mm

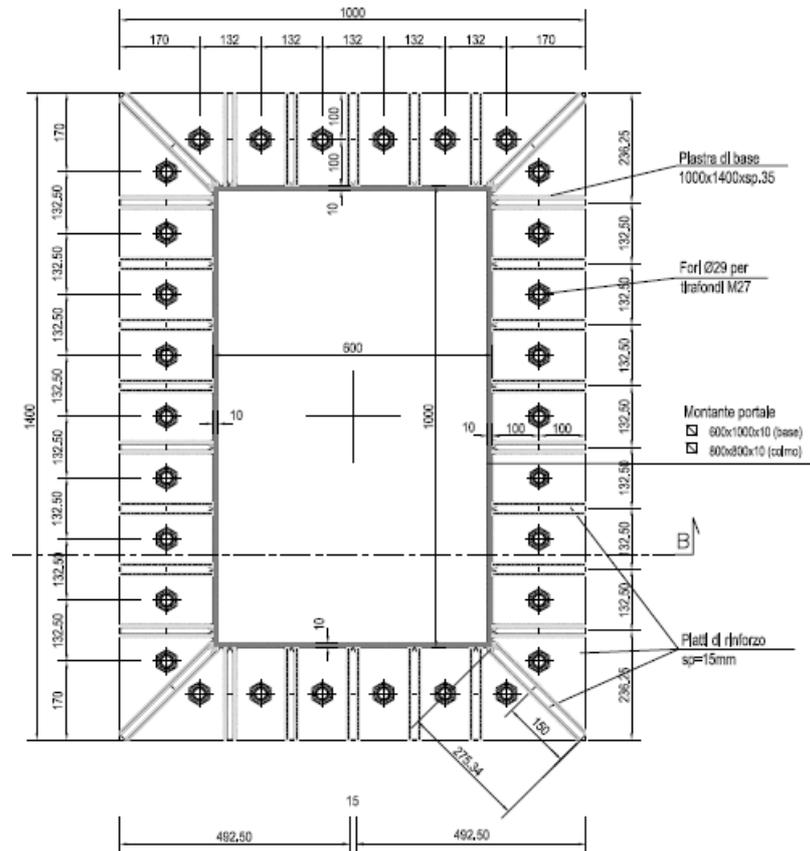
Sollecitazioni	
Massima compressione cls	$\sigma_c = 3.71 \text{ N/mm}^2$
Massima trazione tassello	$\sigma_s = 101.68 \text{ N/mm}^2$
Forze singolo bullone	N _b = 46.67 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} = 61.37 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} = 42.00 KNm

Verifiche Piastra	
$\sigma_{p,plastico} =$	143.14 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 35 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

9.3.3.2 Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 30 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 30 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 6 + 6 tirafondi laterali paralleli alla direzione X.

Sull'i-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_Y}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$
- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_Y}{n_{tir}} + M_Z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_Y	Forza orizzontale nella direzione del vento
M_Y	Momento flettente attorno all'asse Y (generato dai pesi propri e dal carico da neve)
M_Z	Momento torcente per il montante verticale
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione
b_i	braccio dell'i-esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 46.67 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 15.59 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M30 ha un'area resistente pari a 459 mm^2 di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 264 kN (N_{Rdu}) e 176 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disuguaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{46.67}{1.4 \cdot 264.0} \right) + \left(\frac{15.59}{176} \right) = 0.21 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

9.3.3.3 Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)

Disponendo a flessione 6 + 6 tirafondi M27 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 459 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d' - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

Dove:

A_s	Area singolo tirafondo
M	Momento
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	lunghezza utile della piastra (lunghezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
d', d''	distanza dei tirafondi dal bordo della piastra

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-1. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	301.98 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	1400 mm	d =	1300 mm
b =	1000 mm	d' =	100 mm
a =	700 mm	d'' =	100 mm
h _M =	1000 mm	x =	191 mm
A _{RES,b} =	459 mm ²	s =	35 mm
n _{b, tesi} =	6	i =	1200 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	132 mm

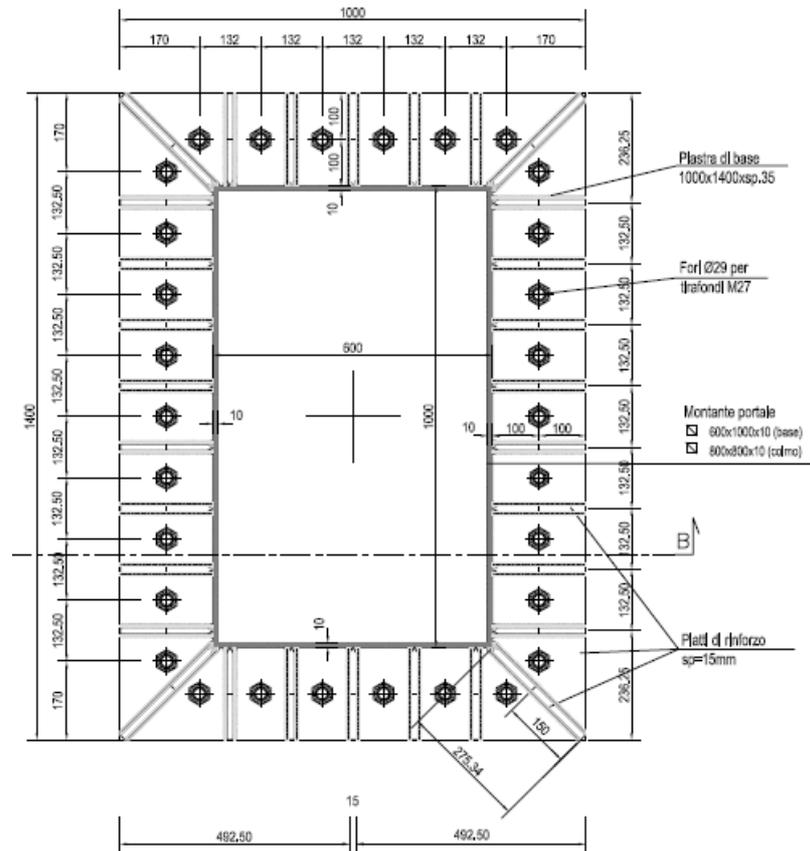
Sollecitazioni	
Massima compressione cls	$\sigma_c = 2.55 \text{ N/mm}^2$
Massima trazione tassello	$\sigma_s = 88.70 \text{ N/mm}^2$
Forze singolo bullone	N _b = 40.71 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} = 33.27 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} = 24.43 KNm

Verifiche Piastra	
$\sigma_{p,plastico} =$	108.64 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 35 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

9.3.3.4 Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento)

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 30 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 30 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 9 + 9 tirafondi laterali paralleli alla direzione X.

Sull'i-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_Y}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$
- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_Y}{n_{tir}} + M_Z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_Y	Forza orizzontale nella direzione del vento
M_Y	Momento flettente attorno all'asse Y (generato dai pesi propri e dal carico da neve)
M_Z	Momento torcente per il montante verticale
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione
b_i	braccio dell'i-esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 40.71 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 25.98 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M30 ha un'area resistente pari a 459 mm^2 di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 264 kN (N_{Rdu}) e 176 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disequaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{40.71}{1.4 \cdot 264.0} \right) + \left(\frac{25.98}{176} \right) = 0.26 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

9.3.4 Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)

Si eseguono le verifiche a sfilamento secondo le ipotesi di tensioni massime di aderenza barre in acciaio-clc indicate nelle NTC (§ 4.1.2.1.1.4). Si considera, in favore di sicurezza, la parte rettilinea dei tirafondi immersa nel plinto escludendo l'uncino di lunghezza pari a 1200 mm .

$$f_{bk} = (2.25 \times \eta \times f_{ctk}) / \gamma_c = (2.25 \times 1.0 \times 1.79) / 1.5 = 2.69 \text{ MPa}$$

Nel caso di ancoraggi in zona di calcestruzzo teso la resistenza di aderenza va ridotta dividendola per 1.5.

$$F_{su} = 46.67 \text{ kN}$$

$$F_{ru} = f_{bk} \times \pi \times \varnothing \times L = (2.69 \times \pi \times 24.17 \times 1200) / 1.5 = 163.41 \text{ kN}$$

$$F_{su} < F_{ru} \quad \text{Verifica soddisfatta.}$$

9.4 Deformazioni

Vengono riepilogati nella tabella seguente i valori degli spostamenti nelle 3 direzioni degli estremi liberi della traversa orizzontale:

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
N4	SLE-1	Combination	6.47	67.55	-51.27
N4	SLE-2	Combination	7.58	40.53	-59.97
N4	Pesi Propri	Combination	5.37	0.00	-42.57

Dove:

U1 | spostamento orizzontale nel piano della targa (perpendicolare al vento);
U2 | spostamento orizzontale normale al piano della targa (direzione del vento);
U3 | spostamento verticale.

9.5 Verifica fondazione diretta

Per la teoria adottata per le verifiche del plinto di fondazione si rimanda a quanto riportato nel § 8.5. Il plinto del portale è caratterizzato dalla seguente geometria:

B = 3.0 m
 L = 4.0 m
 H = 1.30 m
 D = 1.30 m (affondamento del piano di posa della fondazione)

Al centro del plinto è presente un dado di dimensioni 1.60x1.60x0.90 m. Il plinto in c.a. pesa quindi $N_{pl} = 447.60$ kN.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e di ricoprimento, utilizzate per le verifiche, sono le seguenti:

<i>Terreno di fondazione</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	18	18
Φ	34°	28.35°
c' [kPa]	0.0	0.0

<i>Terreno di ricoprimento</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	20	20
Φ	35°	29.26°
c' [kPa]	0.0	0.0

La falda è posta cautelativamente in corrispondenza al piano di posa della fondazione.

9.5.1 Verifica di capacità portante

Si verifica la capacità portante del plinto, sia nel caso GEO sia in quello STR, considerando le due combinazioni più gravose, riportate nella seguente tabella.

Sollecitazioni a base montante:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-50.57	66.36	301.98	-299.15	-363.85
GEO-1	0.00	-43.82	52.45	261.72	-240.26	-315.33

Sollecitazioni a intradosso fondazione

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-50.57	844.59	413.23	-299.15	-363.85
GEO-1	0.00	-43.82	651.09	358.13	-240.26	-315.33

Combinazione STR
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE STR
Geometria

B	3.0	m
L	4.0	m
H	1.3	m
D	1.3	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	50.57	kN
F3	844.59	kN
M1	413.23	kNm
M2	299.15	kNm
M3	363.85	kNm

Eccentricità

e_B	0.354	m
e_L	0.489	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	7.87	m ²
L'	4.00	m
B'	1.97	m

Parametri

L1	0.00	m
L2	0.64	m
B1	0.00	m
B2	0.54	m

Verifica

r_k	723.37	kN/m ²
r_d	723.37	kN/m ²
F_{Rd}	5690.90	kN
FS	6.74	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	9	9	kN/m ³
Φ	34	28.35	°
c'	0	0	kPa
E	18.5	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	3.537
N_q	29.440
N_c	42.164
N_γ	41.064

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.332
s_c	1.343
s_γ	0.803

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.114
d_c	1.118
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.866
i_q	0.921
i_c	0.918

Combinazione GEO

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE GEO

Geometria

B	3.0	m
L	4.0	m
H	1.3	m
D	1.3	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	43.82	kN
F3	651.09	kN
M1	358.13	kNm
M2	240.26	kNm
M3	315.33	kNm

Eccentricità

e_B	0.369	m
e_L	0.550	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	7.57	m ²
L'	4.00	m
B'	1.89	m

Parametri

L1	0.00	m
L2	0.72	m
B1	0.00	m
B2	0.30	m

Verifica

r_k	334.76	kN/m ²
r_d	185.98	kN/m ²
F_{Rd}	1408.22	kN
FS	2.16	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	9	9	kN/m ³
Φ	34	28.35	°
c'	0	0	kPa
E	18.5	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	2.809
N_q	15.301
N_c	26.503
N_γ	17.592

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.255
s_c	1.273
s_γ	0.811

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.129
d_c	1.138
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.851
i_q	0.912
i_c	0.906

9.5.2 Verifica a scorrimento

Le combinazioni dimensionanti per la verifica a scorrimento sono ancora la STR – 1 e la GEO – 1. Le sollecitazioni sono riportate nella seguente tabella:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-50.57	844.59	413.23	-299.15	-363.85
GEO-1	0.00	-43.82	651.09	358.13	-240.26	-315.33

Combinazione STR

$$T_d = F2 = 50.57 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 569.68 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 11.27}$$

Combinazione GEO

$$T_d = F2 = 43.82 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 351.31 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 8.02}$$

9.5.3 Verifica al ribaltamento

Secondo le N.T.C. 2008 lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I (delle NTC2008) e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Le sollecitazioni di verifica sono le seguenti:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
EQU-1	0.00	-50.57	577.99	413.23	-163.74	-363.85
EQU-2	0.00	-30.34	595.99	247.94	-276.24	-218.31

In direzione y , il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione del vento ed è individuato nella condizione EQU – 1. Si ha pertanto:

$$M_{\text{rib}} = M1 = 413.23 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = N_{\text{tot}} * L/2 = 577.99 * 4.0/2 = 1155.98 \text{ kNm}$$

FS = 2.80

In direzione x , il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione dei pesi propri ed è individuato nella condizione EQU – 2. Si ha pertanto:

$$M_{\text{rib}} = M2 = 276.24 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = N_{\text{tot}} * B/2 = 595.99 * 3.0/2 = 893.99 \text{ kNm}$$

FS = 3.24

9.5.4 Armatura dado plinto di fondazione

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le verifiche alla base del dado in cls di dimensioni 1.60x1.60x0.90m, le armature così ottenute vengono disposte sull'intera fondazione come riportato negli elaborati grafici di progetto.

	F1	F2	F3	M1	M2
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
SLE-1	0.00	-33.71	107.17	231.66	-219.43
SLE-2	0.00	-20.23	113.17	139.00	-256.93
STR-1	0.00	-50.57	141.24	347.49	-299.15
STR-2	0.00	-30.34	150.24	208.49	-355.40

Dati

Nome sezione:	160x160 M16	
Tipo sezione	Rettangolare	
Base	160.0	[cm]
Altezza	160.0	[cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	25600.00	[cmq]
Inerzia in direzione X	54613333.3	[cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	54613333.3	[cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0	[cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	X _G = 80.00	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y _G = 80.00	[cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	153.20	153.20	16	2.01
2	134.90	153.20	16	2.01
3	116.60	153.20	16	2.01
4	98.30	153.20	16	2.01
5	80.00	153.20	16	2.01
6	61.70	153.20	16	2.01
7	43.40	153.20	16	2.01
8	25.10	153.20	16	2.01
9	6.80	153.20	16	2.01
10	6.80	6.80	16	2.01
11	25.10	6.80	16	2.01
12	43.40	6.80	16	2.01
13	61.70	6.80	16	2.01
14	80.00	6.80	16	2.01
15	98.30	6.80	16	2.01
16	116.60	6.80	16	2.01
17	134.90	6.80	16	2.01
18	153.20	6.80	16	2.01
19	6.80	143.20	16	2.01
20	6.80	127.40	16	2.01
21	6.80	111.60	16	2.01
22	6.80	95.80	16	2.01
23	6.80	80.00	16	2.01
24	6.80	64.20	16	2.01
25	6.80	48.40	16	2.01
26	6.80	32.60	16	2.01
27	6.80	16.80	16	2.01

28	153.20	16.80	16	2.01
29	153.20	32.60	16	2.01
30	153.20	48.40	16	2.01
31	153.20	64.20	16	2.01
32	153.20	80.00	16	2.01
33	153.20	95.80	16	2.01
34	153.20	111.60	16	2.01
35	153.20	127.40	16	2.01
36	153.20	143.20	16	2.01

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	30.000	[N/mm ²]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[N/mm ²]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[N/mm ²]
Modulo elastico E	205942.924	[N/mm ²]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzio normale espresso in [kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _x	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	0.0000	347.4900	-229.1500	0.0000	50.5700	0.0000	SI	NO
2	0.0000	208.4900	-355.4000	0.0000	30.3400	0.0000	SI	NO
3	0.0000	231.6600	-219.4300	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
4	0.0000	139.0000	-256.9300	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER

Risultati taglio

Simbologia adottata

Dir Direzione di azione del taglio
 V_{Rd} Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
 V_{Rcd} Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]
 nb Numero bracci staffe
 Diametro e passo staffe sono i più cautelativi ottenuti dalla verifica a taglio nelle due direzioni.

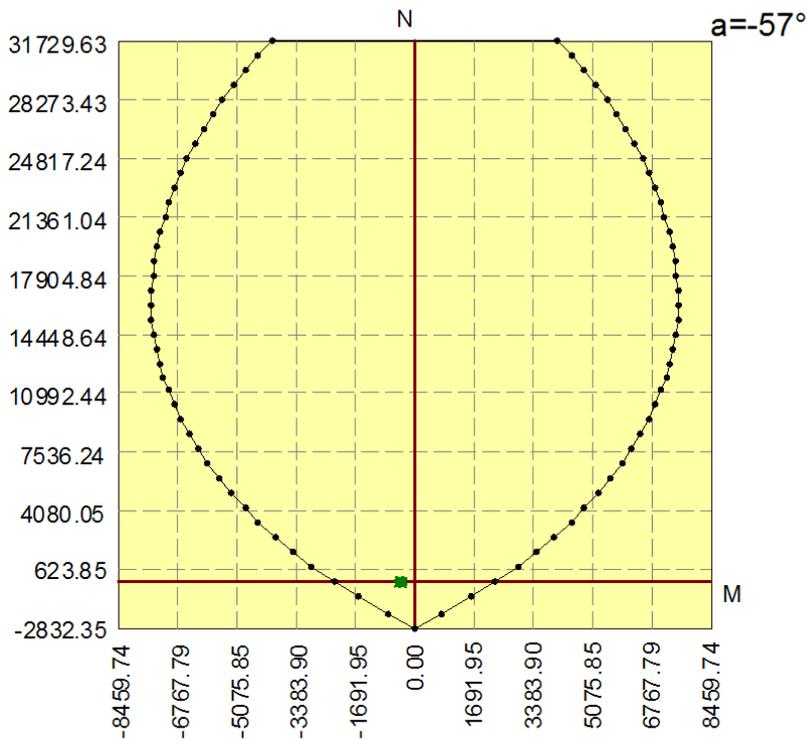
Dir	T	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	nb
X	0.0000	707.8141	--	--	--
Y	50.5700	707.8141	--	--	--

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0.0000	<u>-1274.4419</u>	<u>1932.6023</u>	5.56
0.0000	<u>-2064.6739</u>	347.4900	9.01
0.0000	-229.1500	<u>2059.3506</u>	5.93



Risultati taglio

Simbologia adottata

Dir Direzione di azione del taglio
 V_{Rd} Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
 V_{Rcd} Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]
 nb Numero bracci staffe
 Diametro e passo staffe sono i più cautelativi ottenuti dalla verifica a taglio nelle due direzioni.

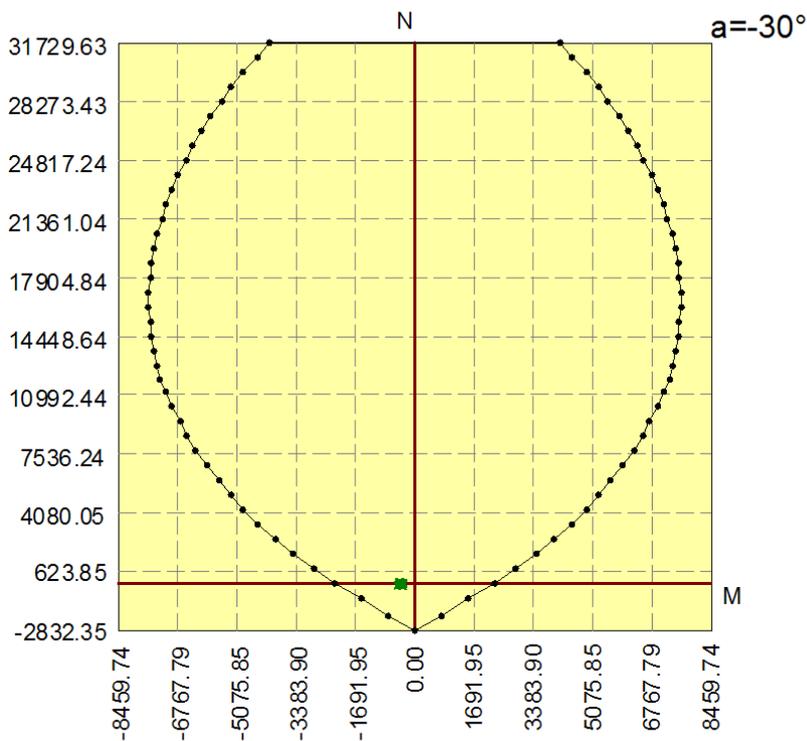
Dir	T	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	nb
X	0.0000	707.8141	--	--	--
Y	30.3400	707.8141	--	--	--

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0.0000	-1968.8343	1154.9867	5.54
0.0000	-2071.6459	208.4900	5.83
0.0000	-355.4000	2054.8300	9.86



Combinazione n° 3
Risultati tensioni ammissibili
Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso	56.609	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(-97.89 ; 0.00) (160.00 ; 223.98)	
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale	40.975	[°]

Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	1.981	[N/mm ²]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione massima nel ferro	24.682	[N/mm ²]
Tensione minima nel ferro	-83.740	[N/mm ²]

Combinazione n° 4
Risultati tensioni ammissibili
Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso	49.754	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(-11.03 ; 0.00) (160.00 ; 422.97)	
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale	67.984	[°]

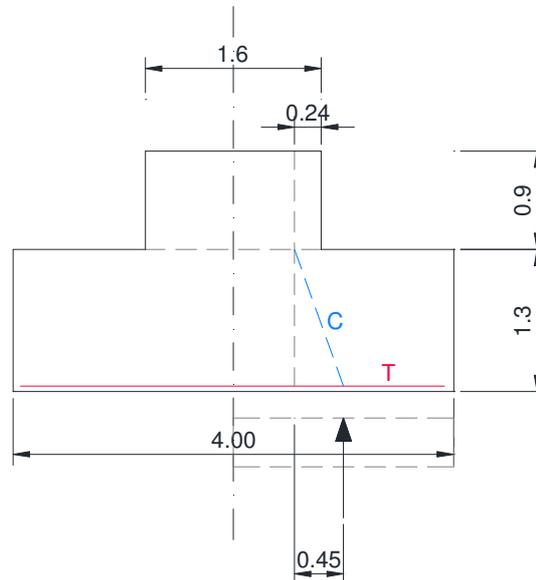
Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	1.649	[N/mm ²]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione massima nel ferro	20.331	[N/mm ²]
Tensione minima nel ferro	-74.415	[N/mm ²]

Dati gli esigui tassi di lavoro dell'armatura si omettono le verifiche a fessurazione.

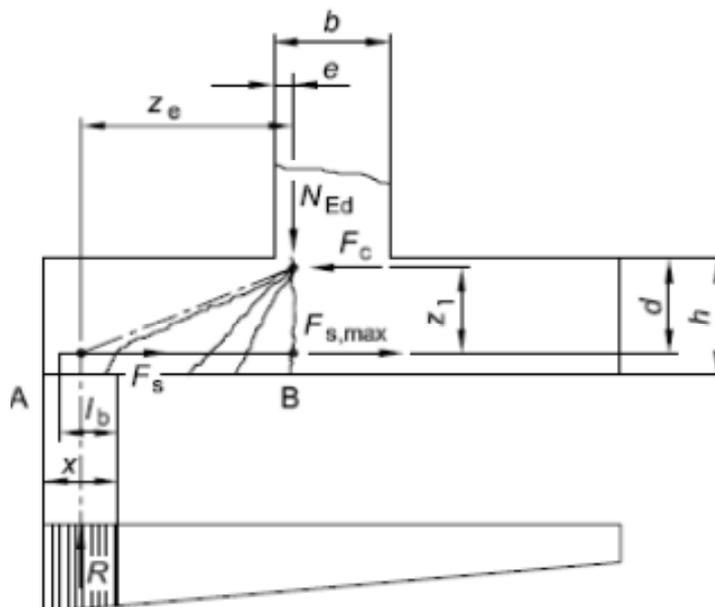
9.5.5 Armatura plinto di fondazione

Si verifica l'armatura del plinto di fondazione con il metodo tirante – puntone. A favore di sicurezza si considera agire sul plinto una distribuzione uniforme di pressioni, di intensità pari alla pressione media sul terreno $q = F_3/A'$.



$$R = q \cdot \frac{B}{2} \cdot L = 107.32 \cdot 3.00 \cdot 4.0 / 2 = 643.92 \text{ kN}$$

Come indicato al § 9.8.2.2 del UNI EN 1992-1-1:2005, la forza di trazione nell'armatura è determinata dalla condizione di equilibrio, considerando l'effetto delle fessure inclinate, come indicato nella seguente relazione:



$$F_s = T = R \frac{z_e}{z_i}$$

Dove:

z_e viene valutato assumendo $e = 0.15b = 0.15 \cdot 1.60 = 0.24$ m

z_i è assunto pari a $0.9d$

$$T = 643.92 \cdot 0.45 / 1.13 = 256.43 \text{ kN}$$

L'armatura minima necessaria è:

$$A_s = \frac{T}{f_{yd}} = 256.43 \cdot 10^3 / 391.3 \cong 655 \text{ mm}^2$$

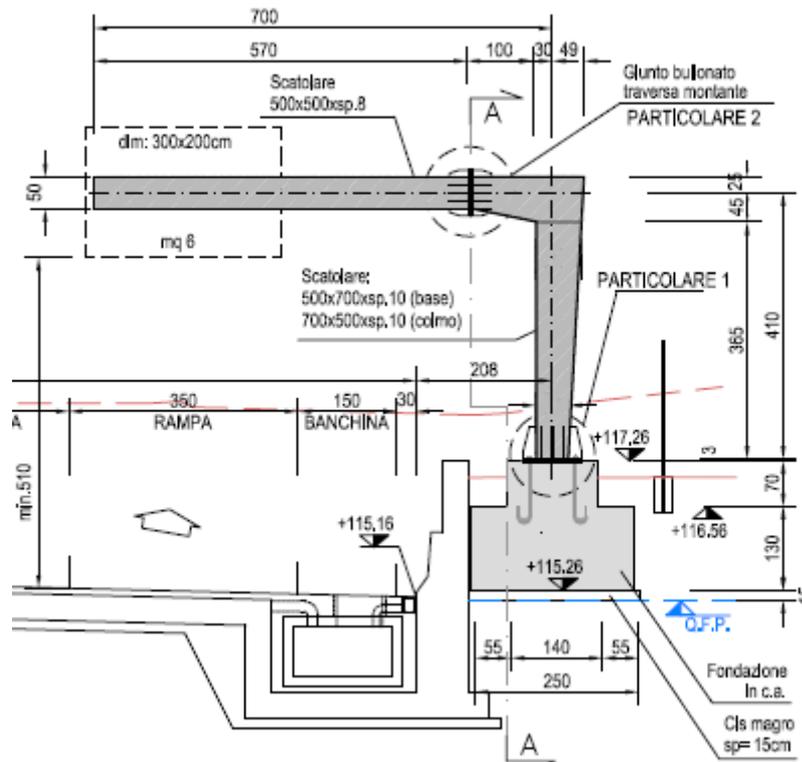
Si provvederà ad armare i plinti con ferri $\varnothing 16$ mm / 20 cm ai lembi esterni, con copriferro minimo di 4 cm.

10. SOSTEGNO A BANDIERA L = 7.0 m

Si analizza nel presente capitolo un sostegno a bandiera di lunghezza pari a 7.0 m, con altezza libera (misurata da estradosso plinto) di 5.00 m e con una targa di dimensioni massime pari a 12.0 m².

I dimensionamenti e le verifiche di seguito riportati fanno riferimento ai seguenti sostegni a bandiera:

- Sostegno verticale "SV5" alla sez. 67 carreggiata sud - pk 1+605
- Sostegno verticale "SV6" alla sez. 123 carreggiata nord - pk 2+244



Sezione sostegno verticale "SV6"

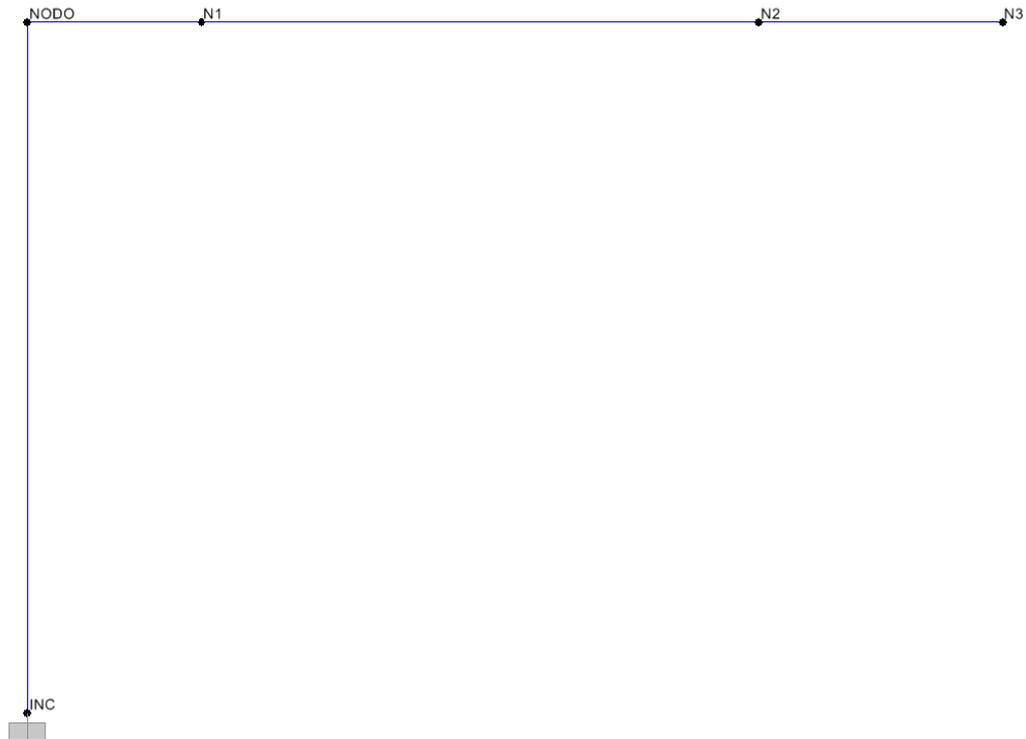
10.1 Schema di calcolo

Mediante il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced si schematizza il telaio metallico con l'ausilio di elementi monodimensionali tipo frame, di sezione e materiale corrispondenti a quelli reali.

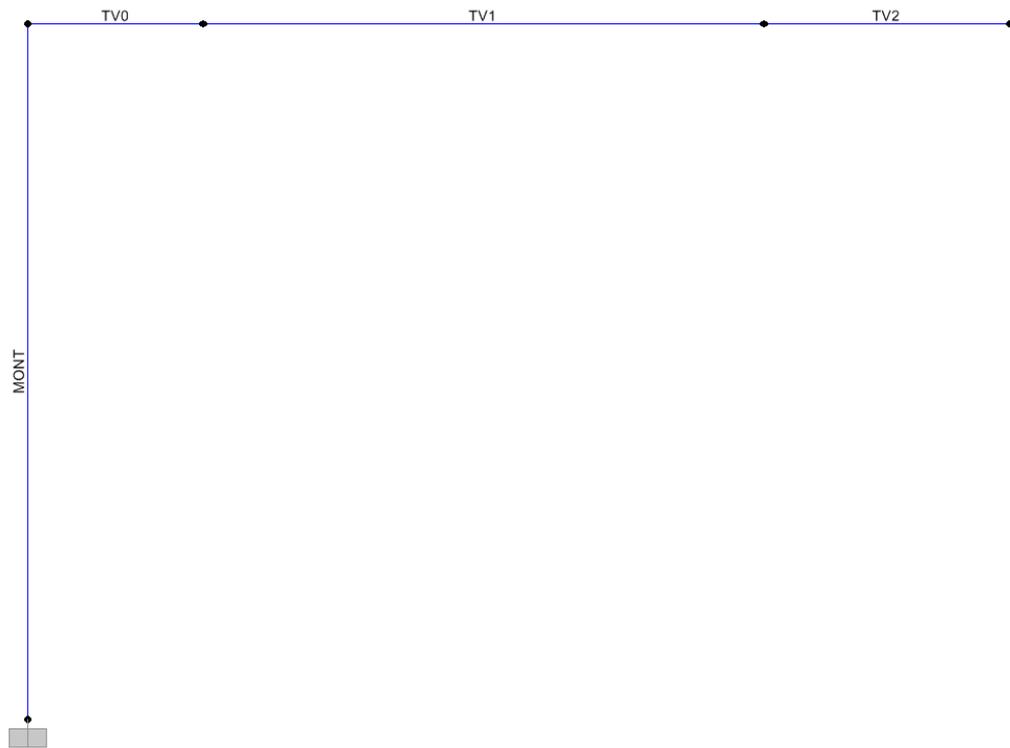
Il tabellone viene schematizzato con una forza puntuale in direzione della gravità e pari al peso dell'elemento.

Il vincolo di base (incastro perfetto) schematizza invece l'incastro della struttura portante in acciaio al cordolo di fondazione in c.a.

Per maggiore chiarezza vengono riportate nelle seguenti figure la denominazione dei nodi, delle aste e una vista assonometrica in 3D.



Etichette nodi



Etichette aste



Vista assometrica in 3D

10.2 Modi di vibrare in fase sismica

In base agli spettri di risposta riportati nel paragrafo 5.4, viene di seguito riportata una tabella riepilogativa dei modi di vibrare della struttura.

Si precisa che le masse in gioco sono relative alla struttura in acciaio (incrementata del 10%) ed alla targa (inserita come massa puntuale).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODALE	Mode	1	0.20896	0.00%	58.98%	0.00%	0.00%	58.98%	0.00%
MODALE	Mode	2	0.17893	25.77%	0.00%	34.86%	25.77%	58.98%	34.86%
MODALE	Mode	3	0.07023	73.06%	0.00%	8.91%	98.83%	58.98%	43.77%
MODALE	Mode	4	0.06631	0.00%	40.99%	0.00%	98.83%	99.97%	43.77%
MODALE	Mode	5	0.01472	0.00%	0.02%	0.00%	98.83%	100.00%	43.77%
MODALE	Mode	6	0.01390	0.88%	0.00%	12.66%	99.71%	100.00%	56.43%
MODALE	Mode	7	0.00862	0.24%	0.00%	20.27%	99.95%	100.00%	76.71%
MODALE	Mode	8	0.00850	0.00%	0.00%	0.00%	99.95%	100.00%	76.71%
MODALE	Mode	9	0.00472	0.00%	0.00%	3.21%	99.95%	100.00%	79.92%
MODALE	Mode	10	0.00457	0.05%	0.00%	20.08%	100.00%	100.00%	100.00%

Nelle combinazioni di carico, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, gli effetti sulla struttura sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- SLV_X: $1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Y: $0.30 E_x + 1.00 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Z: $0.30 E_x + 0.30 E_y + 1.00 E_z$

10.3 Verifiche strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali dei seguenti elementi:

- Profili scatolari in acciaio (montanti e trasverso)
- Tirafondi e piastra di base

10.3.1 Profili scatolari in acciaio

La tabella seguente riporta i valori massimi di sollecitazione dei profili scatolari in acciaio: si eseguono all'inizio e alla fine di ogni elemento frame, considerando il punto più sollecitato di ogni sezione analizzata.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- Base montante: 500x700x10 mm
- Testa montante: 700x500x10 mm
- Traverso TV0_inizio: 700x500x10 mm
- Traverso TV0_fine: 500x500x10 mm
- Traverso TV1-TV2: 500x500x8 mm

10.3.1.1 Verifiche del montante

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _r	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
MONT	0.000	SLE-1	-24	0	18	72	97	50	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	1	11	20	12	31	12	37
MONT	0.000	SLE-2	-26	0	11	43	58	58	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	1	6	12	14	25	7	28
MONT	0.000	STR-1	-32	0	27	108	145	69	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	2	16	30	17	45	18	55
MONT	0.000	STR-2	-35	0	16	65	87	80	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-2	0	1	10	18	20	36	11	40
MONT	0.000	GEO-1	-25	0	24	94	126	55	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	2	14	26	14	38	16	47
MONT	0.000	GEO-2	-28	0	14	56	75	65	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	1	8	15	16	30	9	34
MONT	0.000	SLV-1	-22	0	0	0	0	45	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	0	0	0	11	10	0	10
MONT	0.000	SLV-1	-22	0	0	0	0	42	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	0	0	0	10	9	0	9
MONT	0.000	SLV-2	-22	0	0	1	2	44	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	0	0	0	11	10	0	10
MONT	0.000	SLV-2	-22	0	0	-1	-2	43	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	0	0	0	10	9	0	9
MONT	0.000	SLV-3	-22	0	0	0	0	44	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	0	0	0	11	10	0	10
MONT	0.000	SLV-3	-22	0	0	0	0	43	0.0236	0.0098	0.0138	0.0068	0.0041	0.0049	-1	0	0	0	0	10	9	0	9
MONT	5.000	SLE-1	-14	0	15	72	13	50	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	2	11	3	10	13	12	25
MONT	5.000	SLE-2	-16	0	9	43	8	58	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	1	6	2	12	13	7	18
MONT	5.000	STR-1	-19	0	23	108	20	69	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	2	16	5	14	18	18	36
MONT	5.000	STR-2	-22	0	14	65	12	80	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	1	10	3	16	18	11	26
MONT	5.000	GEO-1	-15	0	20	94	17	55	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	2	14	4	11	15	16	31
MONT	5.000	GEO-2	-18	0	12	56	10	65	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	1	8	2	13	15	10	22
MONT	5.000	SLV-1	-12	0	0	0	0	44	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	0	0	0	0	9	8	0	8
MONT	5.000	SLV-1	-12	0	0	0	0	42	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	0	0	0	9	8	0	8
MONT	5.000	SLV-2	-12	0	0	1	0	43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	0	0	0	9	8	0	8
MONT	5.000	SLV-2	-12	0	0	-1	0	43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	0	0	0	9	8	0	8
MONT	5.000	SLV-3	-12	0	0	0	0	43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	0	0	0	9	8	0	8
MONT	5.000	SLV-3	-12	0	0	0	0	43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	-1	0	0	0	0	9	8	0	8

10.3.1.2 Verifiche del traverso

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	I _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _P	τ _{V2}	τ _{V3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV0	0.000	SLE-1	0	-14	-15	-13	-72	-50	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	-2	-2	-18	-10	-28	3	28
TV0	0.000	SLE-2	0	-16	-9	-8	-43	-58	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	-1	-1	-11	-12	-22	2	23
TV0	0.000	STR-1	0	-19	-23	-20	-108	-69	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	-2	-3	-26	-14	-40	5	41
TV0	0.000	STR-2	0	-22	-14	-12	-65	-80	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-2	-1	-2	-16	-16	-32	3	33
TV0	0.000	GEO-1	0	-15	-20	-17	-94	-55	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	-2	-2	-23	-11	-34	5	35
TV0	0.000	GEO-2	0	-18	-12	-10	-56	-65	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	-1	-1	-14	-13	-27	3	27
TV0	0.000	SLV-1	0	-12	0	0	0	-42	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	0	0	0	-9	-9	1	9
TV0	0.000	SLV-1	0	-12	0	0	0	-44	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	0	0	0	-9	-9	1	9
TV0	0.000	SLV-2	0	-12	0	0	1	-43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	0	0	0	-9	-8	1	9
TV0	0.000	SLV-2	0	-12	0	0	-1	-43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	0	0	0	-9	-9	1	9
TV0	0.000	SLV-3	0	-12	0	0	0	-43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	0	0	0	-9	-9	1	9
TV0	0.000	SLV-3	0	-12	0	0	0	-43	0.0236	0.0138	0.0098	0.0068	0.0049	0.0041	0	-1	0	0	0	-9	-9	1	9
TV0	1.250	SLE-1	0	-11	-14	-13	-54	-35	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-3	-21	-14	-35	5	36
TV0	1.250	SLE-2	0	-13	-9	-8	-32	-40	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-1	-2	-13	-16	-28	4	29
TV0	1.250	STR-1	0	-15	-22	-20	-80	-47	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-3	-5	-32	-19	-50	8	52
TV0	1.250	STR-2	0	-18	-13	-12	-48	-55	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-3	-19	-22	-41	5	42
TV0	1.250	GEO-1	0	-12	-19	-17	-70	-38	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-4	-27	-15	-42	7	44
TV0	1.250	GEO-2	0	-15	-11	-10	-42	-45	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-1	-3	-16	-18	-34	4	35
TV0	1.250	SLV-1	0	-9	0	0	0	-29	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	11
TV0	1.250	SLV-1	0	-10	0	0	0	-30	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-12	1	12
TV0	1.250	SLV-2	0	-10	0	0	1	-29	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-11	1	11
TV0	1.250	SLV-2	0	-10	0	0	-1	-30	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-12	1	12
TV0	1.250	SLV-3	0	-10	0	0	0	-29	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-11	1	12
TV0	1.250	SLV-3	0	-10	0	0	0	-30	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-12	1	12
TV1	0.000	SLE-1	0	-11	-14	-13	-54	-35	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-3	-21	-14	-35	5	36
TV1	0.000	SLE-2	0	-13	-9	-8	-32	-40	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-1	-2	-13	-16	-28	3	29
TV1	0.000	STR-1	0	-15	-22	-20	-80	-47	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-3	-5	-32	-19	-50	7	52
TV1	0.000	STR-2	0	-18	-13	-12	-48	-55	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-3	-19	-22	-41	5	41
TV1	0.000	GEO-1	0	-12	-19	-17	-70	-38	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-4	-27	-15	-42	6	44
TV1	0.000	GEO-2	0	-15	-11	-10	-42	-45	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-2	-1	-3	-16	-18	-34	4	35
TV1	0.000	SLV-1	0	-9	0	0	0	-29	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	0	11
TV1	0.000	SLV-1	0	-10	0	0	0	-30	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-12	0	12
TV1	0.000	SLV-2	0	-10	0	0	1	-29	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-11	0	11
TV1	0.000	SLV-2	0	-10	0	0	-1	-30	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-12	0	12
TV1	0.000	SLV-3	0	-10	0	0	0	-29	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-11	0	11
TV1	0.000	SLV-3	0	-10	0	0	0	-30	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-12	-12	0	12
TV1	4.000	SLE-1	0	-5	-13	-13	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-3	0	-1	-1	4	7
TV1	4.000	SLE-2	0	-5	-8	-8	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-2	0	-1	-1	3	5
TV1	4.000	STR-1	0	-7	-20	-20	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-5	0	-1	-1	6	10
TV1	4.000	STR-2	0	-7	-12	-12	0	-4	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-3	0	-2	-2	4	7
TV1	4.000	GEO-1	0	-5	-17	-17	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-4	0	-1	-1	5	9
TV1	4.000	GEO-2	0	-6	-10	-10	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-3	0	-1	-1	3	6
TV1	4.000	SLV-1	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	4.000	SLV-1	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	4.000	SLV-2	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	4.000	SLV-2	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	4.000	SLV-3	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	4.000	SLV-3	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	4.000	SLV-3	0	-4	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLE-1	0	-3	0	0	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLE-2	0	-3	0	0	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	STR-1	0	-4	0	0	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	STR-2	0	-5	0	0	0	-4	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV2	0.000	GEO-1	0	-3	0	0	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	GEO-2	0	-4	0	0	0	-3	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-2	0	-2	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-2	0	-2	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-3	0	-2	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-3	0	-2	0	0	0	-2	0.0157	0.0079	0.0079	0.0039	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	1.750	SLE-1	0	0	0	0																	

10.3.2 Giunti flangiati

I giunti flangiati della traversa vengono dimensionati secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare si considera:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni (M20):

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 245}{1.25} \cdot 10^{-3} = 94.08 \text{ kN}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni (M20):

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 800 \cdot 245}{1.25} \cdot 10^{-3} = 141.12 \text{ kN}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{indicata in seguito con la dicitura VER-1})$$

con la limitazione: $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$ (indicata in seguito con la dicitura VER-2)

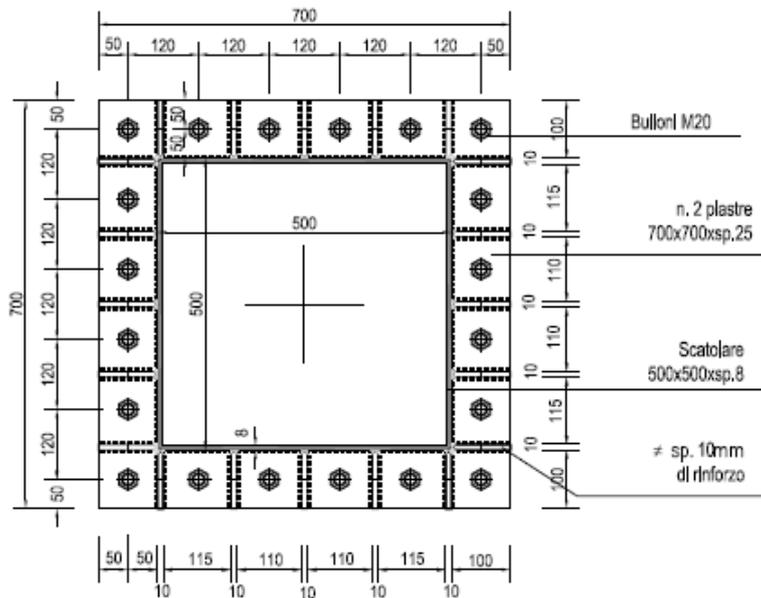
La tabella seguente riporta le azioni agenti nella sezione del giunto flangiato.

Combinazione	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLE-1	0.00	-11.34	-14.35	-13.00	-53.52	-34.63
SLE-2	0.00	-13.07	-8.61	-7.80	-32.11	-39.59
STR-1	0.00	-15.45	-21.52	-19.50	-80.28	-47.46
STR-2	0.00	-18.04	-12.91	-11.70	-48.17	-54.89
GEO-1	0.00	-12.40	-18.65	-16.90	-69.57	-38.28
GEO-2	0.00	-14.64	-11.19	-10.14	-41.74	-44.73
SLV-1 Max	0.17	-9.45	0.08	0.00	0.30	-28.98
SLV-1 Min	-0.17	-9.78	-0.08	0.00	-0.30	-30.37
SLV-2 Max	0.05	-9.57	0.26	0.00	1.00	-29.46
SLV-2 Min	-0.05	-9.67	-0.26	0.00	-1.00	-29.88
SLV-3 Max	0.05	-9.56	0.08	0.00	0.30	-29.44
SLV-3 Min	-0.05	-9.67	-0.08	0.00	-0.30	-29.90

Dove:

P	forza assiale;
V2	forza verticale;
V3	forza orizzontale nella direzione del vento;
M2	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M3	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
T	momento torcente.

Il giunto presenta le seguenti caratteristiche geometriche:



N. Tir.	d_x [m]	d_y [m]	d_i [m]	J_x [m ²]	J_y [m ²]
1	-0.300	0.300	0.42	1.2	1.2
2	-0.180	0.300	0.35	J_{TOR} [m²]	N. Bulloni
3	-0.060	0.300	0.31	2.4	20
4	0.060	0.300	0.31		
5	0.180	0.300	0.35		
6	0.300	0.300	0.42		
7	-0.300	0.180	0.35		
8	-0.300	0.060	0.31		
9	-0.300	-0.060	0.31		
10	-0.300	-0.180	0.35		
11	0.300	0.180	0.35		
12	0.300	0.060	0.31		
13	0.300	-0.060	0.31		
14	0.300	-0.180	0.35		
15	-0.300	-0.300	0.42		
16	-0.180	-0.300	0.35		
17	-0.060	-0.300	0.31		
18	0.060	-0.300	0.31		
19	0.180	-0.300	0.35		
20	0.300	-0.300	0.42		

Vengono riportate le verifiche del giunto nella sola combinazione di carico STR-1 (combinazione dimensionante a Stato Limite Ultimo).

N. Bullone	N_{bull} [kN]	V_{bullX} [kN]	V_{bullY} [kN]	V_{bullT} [kN]	V_{bull} [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{t,Rd}$ [kN]	VER-1 [-]	VER-2 [-]
1	8.04	-0.77	-1.08	3.38	4.69	4.69	8.04	94.08	141.12	0.091	0.057
2	0.17	-0.77	-1.08	2.79	4.04	4.04	0.17	94.08	141.12	0.044	0.001
3	-7.70	-0.77	-1.08	2.44	3.52	3.52	0	94.08	141.12	0.037	0.000
4	-15.57	-0.77	-1.08	2.44	3.22	3.22	0	94.08	141.12	0.034	0.000
5	-23.44	-0.77	-1.08	2.79	3.18	3.18	0	94.08	141.12	0.034	0.000
6	-31.31	-0.77	-1.08	3.38	3.42	3.42	0	94.08	141.12	0.036	0.000
7	12.70	-0.77	-1.08	2.79	4.11	4.11	12.70	94.08	141.12	0.108	0.090
8	17.35	-0.77	-1.08	2.44	3.68	3.68	17.35	94.08	141.12	0.127	0.123
9	22.00	-0.77	-1.08	2.44	3.48	3.48	22.00	94.08	141.12	0.148	0.156
10	26.65	-0.77	-1.08	2.79	3.53	3.53	26.65	94.08	141.12	0.172	0.189
11	-26.65	-0.77	-1.08	2.79	2.57	2.57	0	94.08	141.12	0.027	0.000
12	-22.00	-0.77	-1.08	2.44	1.81	1.81	0	94.08	141.12	0.019	0.000
13	-17.35	-0.77	-1.08	2.44	1.35	1.35	0	94.08	141.12	0.014	0.000
14	-12.70	-0.77	-1.08	2.79	1.47	1.47	0	94.08	141.12	0.016	0.000
15	31.31	-0.77	-1.08	3.38	3.82	3.82	31.31	94.08	141.12	0.199	0.222
16	23.44	-0.77	-1.08	2.79	2.99	2.99	23.44	94.08	141.12	0.150	0.166
17	15.57	-0.77	-1.08	2.44	2.24	2.24	15.57	94.08	141.12	0.103	0.110
18	7.70	-0.77	-1.08	2.44	1.72	1.72	7.70	94.08	141.12	0.057	0.055
19	-0.17	-0.77	-1.08	2.79	1.66	1.66	0	94.08	141.12	0.018	0.000
20	-8.04	-0.77	-1.08	3.38	2.08	2.08	0	94.08	141.12	0.022	0.000

Le verifiche risultano soddisfatte.

10.3.3 Tirafondi e piastra di base

Nella seguente tabella vengono riepilogate le sollecitazioni agenti all'incastro montante/plinto di fondazione per le combinazioni di carico a Stato Limite Ultimo.

	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
STR-1	0.00	-27.24	32.29	145.09	-68.95	-107.93
STR-2	0.00	-16.35	35.44	87.06	-79.98	-64.76
GEO-1	0.00	-23.61	25.41	125.75	-55.50	-93.54
GEO-2	0.00	-14.17	28.14	75.45	-65.05	-56.12
SLV-1 Max	0.26	0.09	22.30	0.47	-41.57	0.40
SLV-1 Min	-0.26	-0.09	21.97	-0.47	-44.65	-0.40
SLV-2 Max	0.08	0.31	22.19	1.56	-42.64	1.32
SLV-2 Min	-0.08	-0.31	22.09	-1.56	-43.57	-1.32
SLV-3 Max	0.08	0.09	22.20	0.47	-42.59	0.40
SLV-3 Min	-0.08	-0.09	22.08	-0.47	-43.62	-0.40

Dove:

F_x	forza orizzontale nella direzione perpendicolare al vento;
F_y	forza orizzontale nella direzione del vento;
F_z	forza verticale (positiva se di compressione);
M_x	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M_y	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
M_z	momento torcente per il montante verticale.

Di seguito si riportano le verifiche della piastra di base e dei tirafondi nelle due direzioni X e Y per il massimo momento generato dai carichi verticali (Comb. STR-2) e per il massimo momento generato dal vento (Comb. STR-1).

10.3.3.1 Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)

Disponendo a flessione 6 + 6 tirafondi M27 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 459 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-2. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	79.98 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	900 mm	d =	800 mm
b =	1100 mm	d' =	100 mm
a =	450 mm	d'' =	100 mm
h _M =	500 mm	x =	141 mm
A _{RES,b} =	459 mm ²	s =	30 mm
n _{b, tesi} =	6	i =	700 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	150 mm

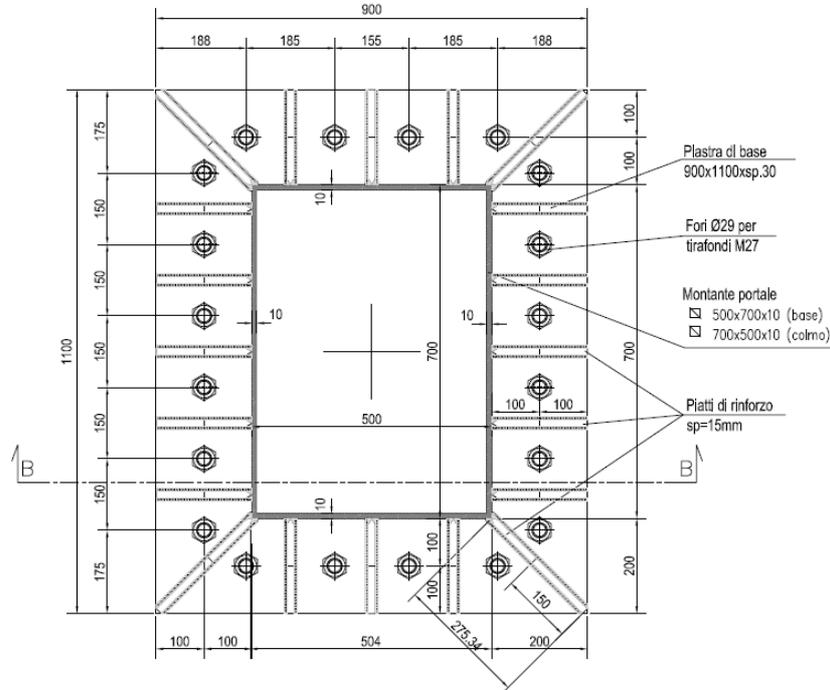
Sollecitazioni		
Massima compressione cls	σ _c =	1.37 N/mm ²
Massima trazione tassello	σ _s =	38.56 N/mm ²
Forze singolo bullone	N _b =	17.70 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} =	16.26 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} =	10.62 KNm

Verifiche Piastra	
σ _{p,plastico} =	65.69 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 30 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

10.3.3.2 Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 20 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 20 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 4 + 4 tirafondi laterali paralleli alla direzione X.

Sull'i-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_Y}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$

- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_Y}{n_{tir}} + M_Z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_Y	forza orizzontale nella direzione del vento;
M_Y	momento flettente attorno all'asse Y (generato dai pesi propri e dal carico da neve);
M_Z	momento torcente per il montante verticale;
n	coefficiente di omogeneizzazione acciaio/clt (posto pari a 6);
b	larghezza della piastra;
x	posizione dell'asse neutro;
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo);
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione;
b_i	braccio dell'i-esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze.

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 17.70 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 8.53 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M27 ha un'area resistente pari a 459 mm² di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 264 kN (N_{Rdu}) e 176 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disuguaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{17.70}{1.4 \cdot 264} \right) + \left(\frac{8.53}{176} \right) = 0.10 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

10.3.3.3 Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)

Disponendo a flessione 4 + 4 tirafondi M27 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 459 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-1. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	145.09 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	1100 mm	d =	1000 mm
b =	900 mm	d' =	100 mm
a =	550 mm	d'' =	100 mm
h _M =	700 mm	x =	159 mm
A _{RES,b} =	561 mm ²	s =	30 mm
n _{b tesi} =	4	i =	900 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	185 mm

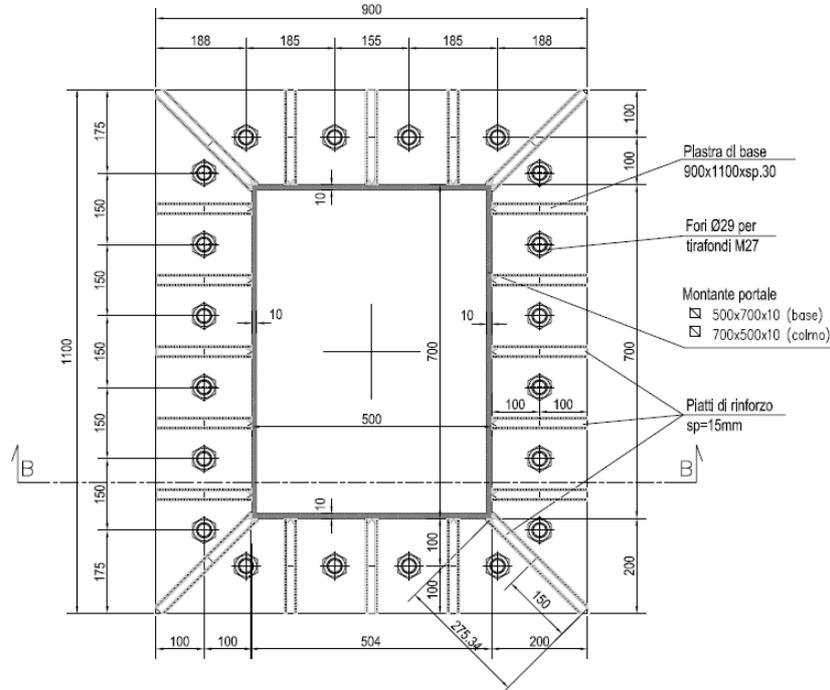
Sollecitazioni		
Massima compressione cls	σ _c =	2.15 N/mm ²
Massima trazione tassello	σ _s =	68.27 N/mm ²
Forze singolo bullone	N _b =	38.30 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} =	22.54 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} =	15.32 KNm

Verifiche Piastra	
σ _{p,plastico} =	111.29 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 30 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

10.3.3.4 Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento)

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 20 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 20 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 6 + 6 tirafondi laterali paralleli alla direzione Y.

Sull'i-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_x}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$

- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_Y}{n_{tir}} + M_z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_Y	Forza orizzontale nella direzione del vento
M_X	Momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento)
M_Z	Momento torcente per il montante verticale
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione
b_i	braccio dell'i-esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 38.30 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 14.22 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M27 ha un'area resistente pari a 459 mm² di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 264 kN (N_{Rdu}) e 176 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disequaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{38.30}{1.4 \cdot 264} \right) + \left(\frac{14.22}{176} \right) = 0.18 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

10.3.4 Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)

Si eseguono le verifiche a sfilamento secondo le ipotesi di tensioni massime di aderenza barre in acciaio-clc indicate nelle NTC (§ 4.1.2.1.1.4). Si considera, in favore di sicurezza, la parte rettilinea dei tirafondi immersa nel plinto escludendo l'uncino di lunghezza pari a 900 mm.

$$f_{bk} = (2.25 \times \eta \times f_{ctk}) / \gamma_c = (2.25 \times 1.0 \times 1.79) / 1.5 = 2.69 \text{ MPa}$$

Nel caso di ancoraggi in zona di calcestruzzo teso la resistenza di aderenza va ridotta dividendola per 1.5.

$$F_{su} = 38.30 \text{ kN}$$

$$F_{ru} = f_{bk} \times \pi \times \varnothing \times L = (2.69 \times \pi \times 24.17 \times 900) / 1.5 = 122.55 \text{ kN}$$

$$F_{su} < F_{ru} \quad \text{Verifica soddisfatta.}$$

10.4 Deformazioni

Vengono riepilogati nella tabella seguente i valori degli spostamenti nelle 3 direzioni degli estremi liberi della traversa orizzontale:

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
N3	SLE-1	Combination	2.43	25.05	-9.85
N3	SLE-2	Combination	2.79	15.03	-11.27
N3	Pesi Propri	Combination	2.08	0.00	-8.43

Dove:

U1 | Spostamento orizzontale nel piano della targa (perpendicolare al vento);
U2 | Spostamento orizzontale normale al piano della targa (direzione del vento);
U3 | Spostamento verticale.

10.5 Analisi e verifiche fondazione diretta

Per la teoria adottata per le verifiche del plinto di fondazione si rimanda a quanto riportato nel § 8.5. Il plinto del portale è caratterizzato dalla seguente geometria²:

B = 2.5 m
 L = 3.3 m
 H = 1.30 m
 D = 1.30 m (affondamento del piano di posa della fondazione)

Al centro del plinto è presente un dado di dimensioni 1.40x1.40x0.70 m. Il plinto in c.a. pesa quindi $N_{pl}=302.43$ kN.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e di ricoprimento, utilizzate per le verifiche, sono le seguenti:

<i>Terreno di fondazione</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	18	18
Φ	34°	28.35°
c' [kPa]	0.0	0.0

<i>Terreno di ricoprimento</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	20	20
Φ	35°	29.26°
c' [kPa]	0.0	0.0

La falda è posta cautelativamente in corrispondenza al piano di posa della fondazione.

10.5.1 Verifica di capacità portante

Si verifica la capacità portante del plinto, sia nel caso GEO sia in quello STR, considerando le due combinazioni più gravose, riportate nella seguente tabella.

Sollecitazioni a base montante:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-27.24	32.29	145.09	-68.95	-107.93
GEO-1	0.00	-23.61	25.41	125.75	-55.50	-93.54

Sollecitazioni a intradosso fondazione

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-27.24	523.57	199.58	-68.95	-107.93
GEO-1	0.00	-23.61	403.31	172.97	-55.50	-93.54

² Il sostegno "SV5" è ancorato al muro esterno di una vasca di laminazione opportunamente ringrossato, di conseguenza è privo del plinto di fondazione.

Combinazione STR
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE STR
Geometria

B	2.5	m
L	3.3	m
H	1.3	m
D	1.3	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	27.24	kN
F3	523.57	kN
M1	199.58	kNm
M2	68.95	kNm
M3	107.93	kNm

Eccentricità

e_B	0.132	m
e_L	0.381	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	6.21	m ²
L'	3.30	m
B'	1.88	m

Parametri

L1	0.00	m
L2	1.65	m
B1	0.00	m
B2	0.03	m

Verifica

r_k	740.36	kN/m ²
r_d	740.36	kN/m ²
F_{Rd}	4596.26	kN
FS	8.78	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	9	9	kN/m ³
Φ	34	28.35	°
c'	0	0	kPa
E	18.5	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	3.537
N_q	29.440
N_c	42.164
N_γ	41.064

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.385
s_c	1.398
s_γ	0.772

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.136
d_c	1.141
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.881
i_q	0.930
i_c	0.927

Combinazione GEO
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE GEO

Geometria		
B	2.5	m
L	3.3	m
H	1.3	m
D	1.3	m

Azioni a base fondazione		
F1	0.00	kN
F2	23.61	kN
F3	403.31	kN
M1	172.97	kNm
M2	55.5	kNm
M3	93.54	kNm

Eccentricità		
e_B	0.138	m
e_L	0.429	m

Dimensioni effettive fondazione		
A'	6.21	m ²
L'	3.30	m
B'	1.88	m

Parametri		
L1	0.00	m
L2	1.65	m
B1	0.00	m
B2	0.03	m

Verifica		
r_k	348.68	kN/m ²
r_d	193.71	kN/m ²
F_{Rd}	1202.58	kN
FS	2.98	

Dati terreno di fondazione			
	M1	M2	
γ'	9	9	kN/m ³
Φ	34	28.35	°
c'	0	0	kPa
E	18.5	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento			
	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante	
N_φ	2.809
N_q	15.301
N_c	26.503
N_γ	17.592

Coefficienti di forma (per B<L)	
s_q	1.308
s_c	1.329
s_γ	0.772

Coefficienti di profondità del piano di posa	
d_q	1.155
d_c	1.166
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico	
i_γ	0.867
i_q	0.921
i_c	0.916

10.5.2 Verifica a scorrimento

Le combinazioni dimensionanti per la verifica a scorrimento sono ancora la STR – 1 e la GEO – 1. Le sollecitazioni sono riportate nella seguente tabella:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-27.24	523.57	199.58	-68.95	-107.93
GEO-1	0.00	-23.61	403.31	172.97	-55.50	-93.54

Combinazione STR

$$T_d = F2 = 27.24 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 353.15 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 12.96}$$

Combinazione GEO

$$T_d = F2 = 23.61 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 217.61 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 9.22}$$

10.5.3 Verifica al ribaltamento

Secondo le N.T.C. 2008 lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve esser trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I (delle NTC2008) e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Le sollecitazioni di verifica sono le seguenti:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
EQU-1	0.00	-27.24	360.04	199.58	-38.80	-107.93
EQU-2	0.00	-16.35	366.34	119.75	-60.85	-64.76

In direzione y , il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione del vento ed è individuato nella condizione EQU – 1. Si ha pertanto:

$$M_{\text{rib}} = M1 = 199.58 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = F_3 * L/2 = 360.04 * 3.3/2 = 594.07 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{FS = 2.98}$$

In direzione x , il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione dei pesi propri ed è individuato nella condizione EQU – 2. Si ha pertanto:

$$M_{\text{rib}} = M2 = 60.85 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = F_3 * B/2 = 366.34 * 2.5/2 = 457.93 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{FS = 7.53}$$

10.5.4 Armatura dado plinto di fondazione

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le verifiche alla base del dado in cls di dimensioni 1.40x1.40x0.70m..

	F1	F2	F3	M1	M2
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
SLE-1	0.00	-18.16	58.54	109.44	-50.46
SLE-2	0.00	-10.90	60.64	65.67	-57.81
STR-1	0.00	-27.24	76.88	164.16	-68.95
STR-2	0.00	-16.35	80.03	98.50	-79.98

Dati

Nome sezione:	140x140	
Tipo sezione	Rettangolare	
Base	140.0	[cm]
Altezza	140.0	[cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	19600.00	[cmq]
Inerzia in direzione X	32013333.3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	32013333.3	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0.0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	X _G = 70.00	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y _G = 70.00	[cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine	
N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	133.20	133.20	16	2.01
2	112.13	133.20	16	2.01
3	91.07	133.20	16	2.01
4	70.00	133.20	16	2.01
5	48.93	133.20	16	2.01
6	27.87	133.20	16	2.01
7	6.80	133.20	16	2.01
8	6.80	6.80	16	2.01
9	27.87	6.80	16	2.01
10	48.93	6.80	16	2.01
11	70.00	6.80	16	2.01
12	91.07	6.80	16	2.01
13	112.13	6.80	16	2.01
14	133.20	6.80	16	2.01
15	133.20	16.80	16	2.01
16	133.20	34.53	16	2.01
17	133.20	52.27	16	2.01
18	133.20	70.00	16	2.01
19	133.20	87.73	16	2.01
20	133.20	105.47	16	2.01
21	133.20	123.20	16	2.01
22	6.80	123.20	16	2.01
23	6.80	105.47	16	2.01
24	6.80	87.73	16	2.01
25	6.80	70.00	16	2.01
26	6.80	52.27	16	2.01
27	6.80	34.53	16	2.01
28	6.80	16.80	16	2.01

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	30.000	[N/mm ²]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[N/mm ²]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[N/mm ²]
Modulo elastico E	205942.924	[N/mm ²]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _x	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	0.0000	164.1600	-68.9500	0.0000	27.2700	0.0000	SI	NO
2	0.0000	98.5000	-79.9800	0.0000	16.3500	0.0000	SI	NO
3	0.0000	109.4400	-50.4600	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
4	0.0000	65.6700	-57.8100	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER

Risultati taglio

Simbologia adottata

Dir Direzione di azione del taglio
 V_{Rd} Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
 V_{Rcd} Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]
 nb Numero bracci staffe
 Diametro e passo staffe sono i più cautelativi ottenuti dalla verifica a taglio nelle due direzioni.

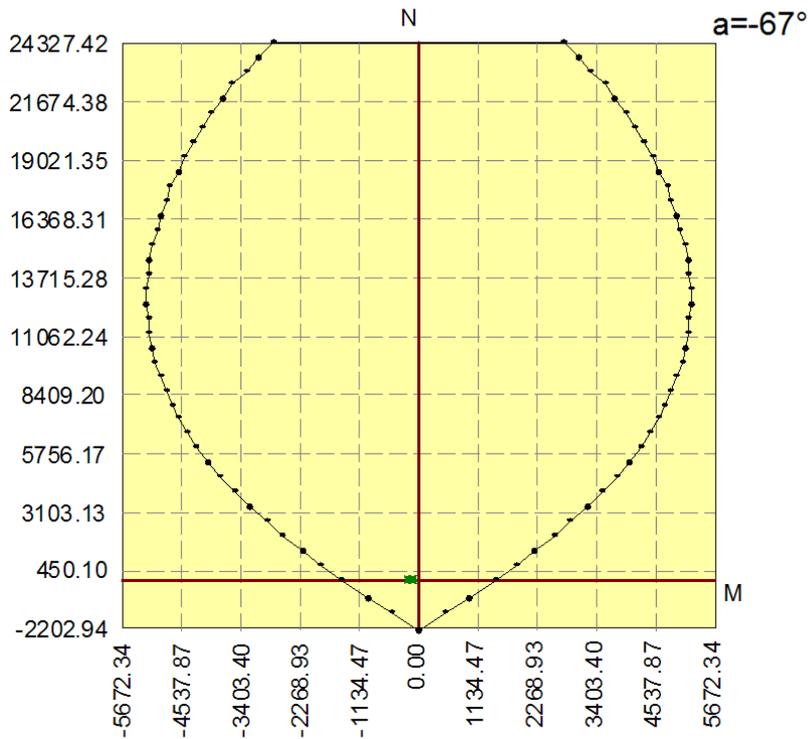
Dir	T	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	nb
X	0.0000	560.8771	--	--	--
Y	27.2700	560.8771	--	--	--

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0.0000	-572.2135	1362.3577	8.30
0.0000	-1401.7498	164.1600	20.33
0.0000	-68.9500	1397.1414	8.51



Risultati taglio

Simbologia adottata

Dir Direzione di azione del taglio
 V_{Rd} Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
 V_{Rcd} Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
 V_{Rsd} resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]
 nb Numero bracci staffe
 Diametro e passo staffe sono i più cautelativi ottenuti dalla verifica a taglio nelle due direzioni.

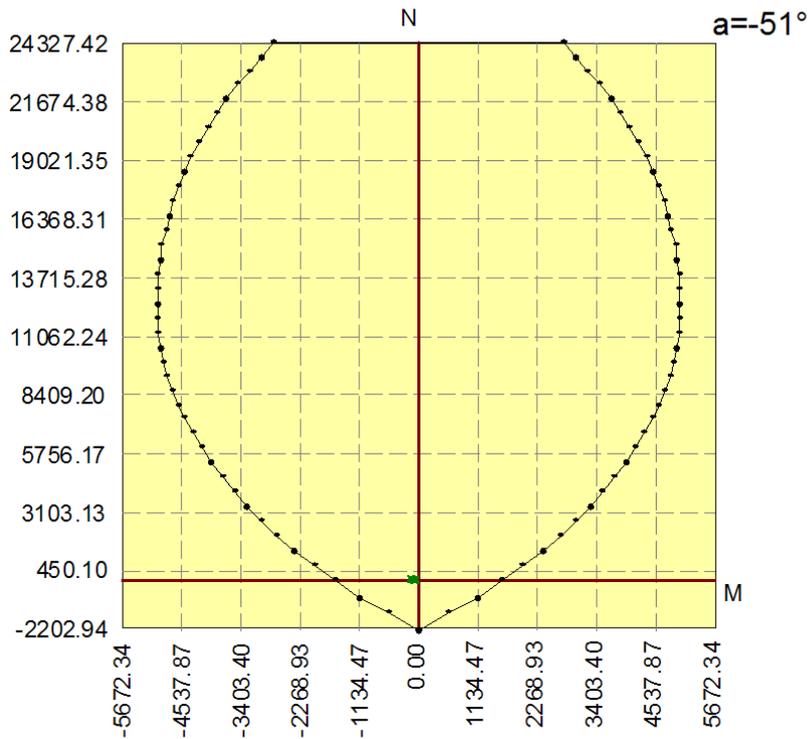
Dir	T	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}	nb
X	0.0000	560.8771	--	--	--
Y	16.3500	560.8771	--	--	--

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0.0000	<u>-1022.0195</u>	<u>1258.6761</u>	12.78
0.0000	<u>-1403.4574</u>	98.5000	17.55
0.0000	-79.9800	<u>1396.9176</u>	14.18



Combinazione n° 3
Risultati tensioni ammissibili
Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso		40.156	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(-330.68 ; 0.00) (141.17 ; 140.00)		
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale		16.526	[°]

Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	0.981	[N/mm ²]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione massima nel ferro	11.612	[N/mm ²]
Tensione minima nel ferro	-45.943	[N/mm ²]

Combinazione n° 4
Risultati tensioni ammissibili
Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso		49.251	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(-102.08 ; 0.00) (140.00 ; 185.00)		
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale		37.388	[°]

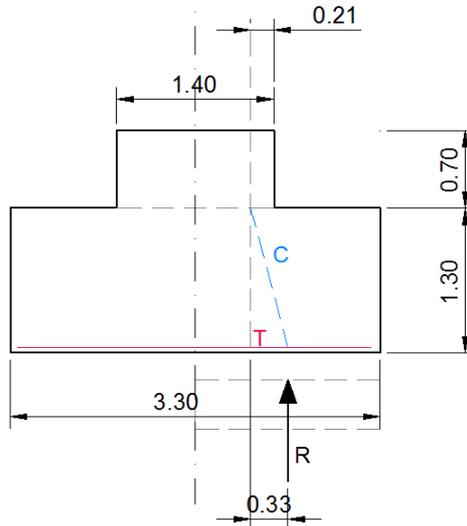
Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	0.806	[N/mm ²]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.000	[N/mm ²]
Tensione massima nel ferro	9.754	[N/mm ²]
Tensione minima nel ferro	-33.756	[N/mm ²]

Dati gli esigui tassi di lavoro dell'armatura si omettono le verifiche a fessurazione.

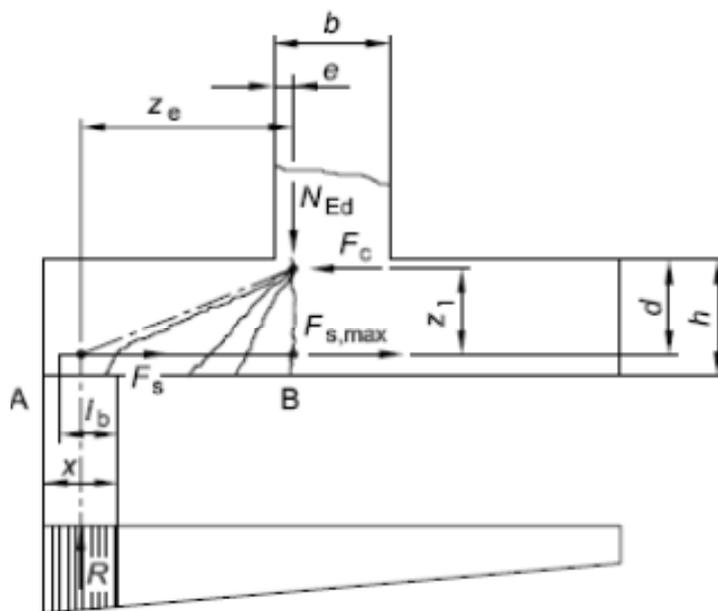
10.5.5 Armatura plinto di fondazione

Si verifica l'armatura del plinto di fondazione con il metodo tirante – puntone. A favore di sicurezza si considera agire sul plinto una distribuzione uniforme di pressioni, di intensità pari alla pressione media sul terreno $q = F_3/A'$.



$$R = q \cdot \frac{B}{2} \cdot L = 84.31 \cdot 2.5 \cdot 3.30 / 2 = 347.78 \text{ kN}$$

Come indicato al § 9.8.2.2 del UNI EN 1992-1-1:2005, la forza di trazione nell'armatura è determinata dalla condizione di equilibrio, considerando l'effetto delle fessure inclinate, come indicato nella seguente relazione:



$$F_s = T = R \frac{z_e}{z_i}$$

Dove:

z_e viene valutato assumendo $e = 0.15b = 0.15 \cdot 1.40 = 0.21 \text{ m}$

z_i è assunto pari a $0.9d$

$$T = 347.78 \cdot 0.33 / 1.13 \cong 102 \text{ kN}$$

L'armatura minima necessaria è:

$$A_s = \frac{T}{f_{yd}} = 102 \cdot 10^3 / 391.3 \cong 260 \text{ mm}^2$$

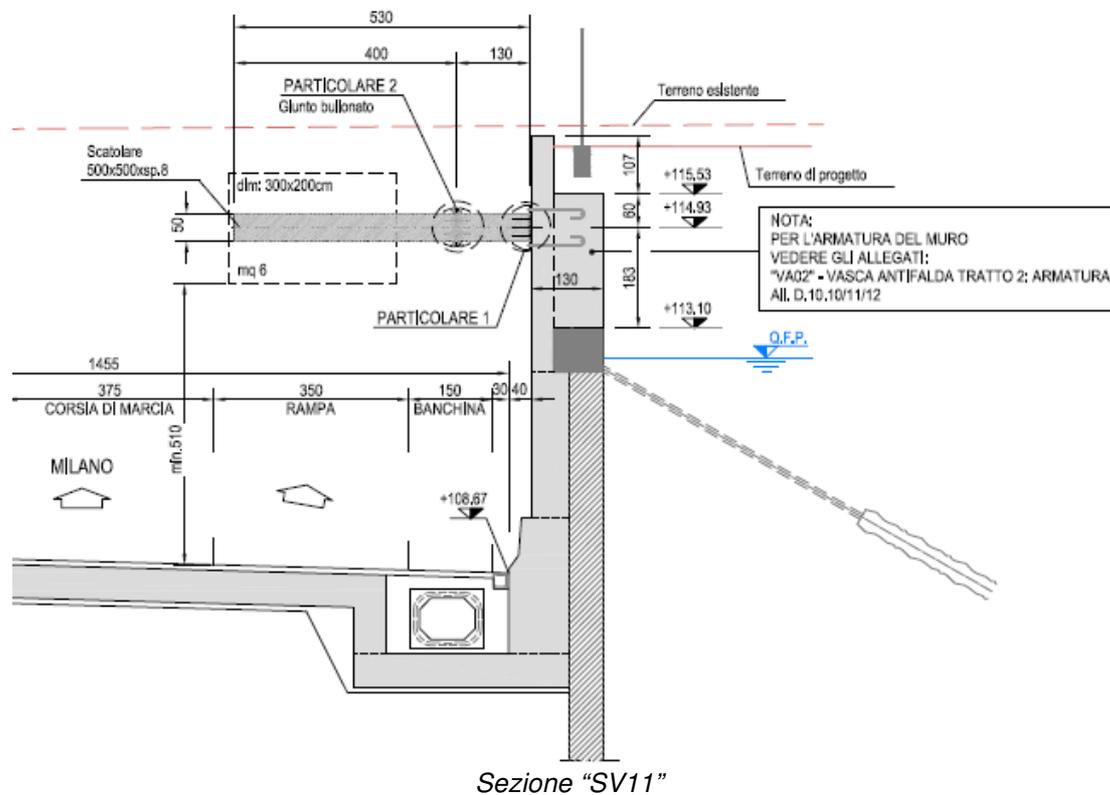
Si provvederà ad armare i plinti con ferri $\varnothing 16 \text{ mm} / 20 \text{ cm}$ ai lembi esterni, con copriferro minimo di 4 cm.

11. SOSTEGNO A BANDIERA L = 5.50 m (SV11)

Si analizza nel presente capitolo un sostegno per la segnaletica costituito da un traverso orizzontale di luce pari a 5.30 m con targa di dimensioni massime pari a 12.0 m² ancorato direttamente a un muro di sostegno opportunamente ringrossato.

I dimensionamenti e le verifiche di seguito riportati fanno riferimento al seguente sostegno:

- Sostegno verticale "SV11" alla sez. 30 carreggiata nord - pk 0+744



11.1 Schema di calcolo

Mediante il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced si schematizza il telaio metallico con l'ausilio di elementi monodimensionali tipo frame, di sezione e materiale corrispondenti a quelli reali.

Il tabellone viene schematizzato con una forza puntuale in direzione della gravità e pari al peso dell'elemento.

Il vincolo (incastro perfetto) schematizza invece l'incastro della struttura portante in acciaio al muro in c.a.

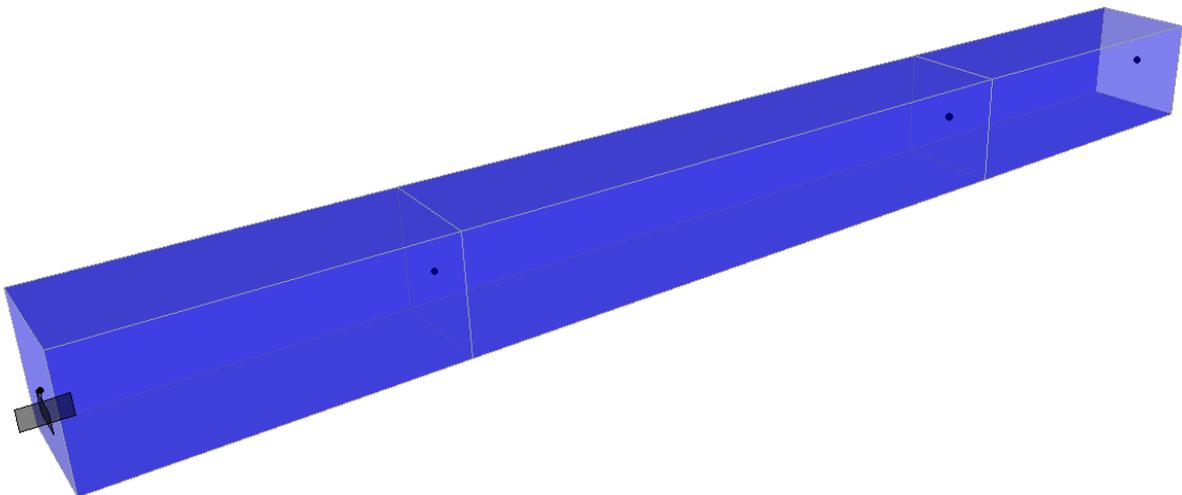
Per maggiore chiarezza vengono riportate nelle seguenti figure la denominazione dei nodi, delle aste e una vista assometrica in 3D.



Etichette nodi



Etichette aste



Vista assometrica in 3D

11.2 Modi di vibrare in fase sismica

In base agli spettri di risposta riportati nel paragrafo 5.4, viene di seguito riportata una tabella riepilogativa dei modi di vibrare della struttura.

Si precisa che le masse in gioco sono relative alla struttura in acciaio (incrementata del 10%) ed alle targhe (inserite come masse puntuali).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODALE	Mode	1	0.07151	0.00%	72.70%	1.48%	0.00%	72.70%	1.48%
MODALE	Mode	2	0.07151	0.00%	1.48%	72.70%	0.00%	74.18%	74.18%
MODALE	Mode	3	0.00974	0.00%	6.30%	6.93%	0.00%	80.48%	81.11%
MODALE	Mode	4	0.00974	0.00%	6.93%	6.30%	0.00%	87.42%	87.42%
MODALE	Mode	5	0.00563	87.81%	0.00%	0.00%	87.81%	87.42%	87.42%
MODALE	Mode	6	0.00560	0.00%	4.80%	7.78%	87.81%	92.22%	95.20%
MODALE	Mode	7	0.00560	0.00%	7.78%	4.80%	87.81%	100.00%	100.00%
MODALE	Mode	8	0.00167	12.13%	0.00%	0.00%	99.95%	100.00%	100.00%
MODALE	Mode	9	0.00123	0.05%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Nelle combinazioni di carico, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, gli effetti sulla struttura sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- SLV_X: $1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Y: $0.30 E_x + 1.00 E_y + 0.30 E_z$
- SLV_Z: $0.30 E_x + 0.30 E_y + 1.00 E_z$

11.3 Verifiche strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali dei seguenti elementi:

- Profili scatolari in acciaio (traverso);
- Tirafondi e piastra di base;

11.3.1 Profili scatolari in acciaio

La tabella seguente riporta i valori massimi di sollecitazione dei profili scatolari in acciaio: si eseguono all'inizio e alla fine di ogni elemento frame, considerando il punto più sollecitato di ogni sezione analizzata.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- Traverso TV0-TV1-TV2: 500x500x8 mm

11.3.1.1 Verifiche del traverso

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _r	W ₁₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _r	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV0	0.000	SLE-1	0	-11	-14	-13	-54	-32	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-13	-22	-13	-35	15	44
TV0	0.000	SLE-2	0	-13	-9	-8	-32	-37	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-1	-8	-13	-15	-28	10	32
TV0	0.000	STR-1	0	-15	-21	-20	-80	-44	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-3	-20	-32	-18	-50	23	64
TV0	0.000	STR-2	0	-17	-13	-12	-48	-51	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-12	-19	-21	-40	14	47
TV0	0.000	GEO-1	0	-12	-19	-17	-70	-36	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-18	-28	-14	-42	20	55
TV0	0.000	GEO-2	0	-14	-11	-10	-42	-42	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-1	-11	-17	-17	-34	12	40
TV0	0.000	SLV-1	0	-9	0	0	0	-28	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	11
TV0	0.000	SLV-1	0	-9	0	0	0	-28	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	11
TV0	0.000	SLV-2	0	-9	0	0	1	-28	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	11
TV0	0.000	SLV-2	0	-9	0	0	-1	-28	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	12
TV0	0.000	SLV-3	0	-9	0	0	0	-28	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	11
TV0	0.000	SLV-3	0	-9	0	0	0	-28	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-11	-11	1	11
TV0	1.300	SLE-1	0	-9	-14	-13	-35	-19	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-13	-14	-8	-22	15	34
TV0	1.300	SLE-2	0	-10	-8	-8	-21	-22	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-8	-9	-9	-17	9	24
TV0	1.300	STR-1	0	-12	-20	-20	-53	-27	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-3	-20	-21	-11	-32	23	51
TV0	1.300	STR-2	0	-14	-12	-12	-32	-31	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-12	-13	-12	-25	14	35
TV0	1.300	GEO-1	0	-10	-18	-17	-46	-22	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-18	-19	-9	-27	20	44
TV0	1.300	GEO-2	0	-11	-11	-10	-28	-25	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-11	-11	-10	-21	12	30
TV0	1.300	SLV-1	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	1	7
TV0	1.300	SLV-1	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	1	7
TV0	1.300	SLV-2	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	1	7
TV0	1.300	SLV-2	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	1	7
TV0	1.300	SLV-3	0	-7	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	1	7
TV0	1.300	SLV-3	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	1	7
TV1	0.000	SLE-1	0	-9	-14	-13	-35	-19	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-13	-14	-8	-22	15	34
TV1	0.000	SLE-2	0	-10	-8	-8	-21	-22	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-8	-9	-9	-17	9	24
TV1	0.000	STR-1	0	-12	-20	-20	-53	-27	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-3	-20	-21	-11	-32	23	50
TV1	0.000	STR-2	0	-14	-12	-12	-32	-31	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-2	-2	-12	-13	-12	-25	14	35
TV1	0.000	GEO-1	0	-10	-18	-17	-46	-22	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-18	-19	-9	-27	19	42
TV1	0.000	GEO-2	0	-11	-11	-10	-28	-25	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-11	-11	-10	-21	12	30
TV1	0.000	SLV-1	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	0.000	SLV-1	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	0.000	SLV-2	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	0.000	SLV-2	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	0.000	SLV-3	0	-7	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	0.000	SLV-3	0	-8	0	0	0	-17	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-7	-7	0	7
TV1	2.700	SLE-1	0	-4	-13	-13	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-13	0	-1	-1	14	24
TV1	2.700	SLE-2	0	-5	-8	-8	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-8	0	-1	-1	9	15
TV1	2.700	STR-1	0	-6	-20	-20	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-3	-20	0	-1	-1	21	36
TV1	2.700	STR-2	0	-7	-12	-12	0	-3	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-12	0	-1	-1	13	23
TV1	2.700	GEO-1	0	-5	-17	-17	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-2	-18	0	-1	-1	18	31
TV1	2.700	GEO-2	0	-6	-10	-10	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	-1	-11	0	-1	-1	11	19
TV1	2.700	SLV-1	0	-4	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	2.700	SLV-1	0	-4	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	2.700	SLV-2	0	-4	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	2.700	SLV-2	0	-4	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	2.700	SLV-3	0	-4	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	2.700	SLV-3	0	-4	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV2	0.000	SLE-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLE-2	0	-3	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	STR-1	0	-3	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	STR-2	0	-4	0	0	0	-3	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	-1	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	GEO-1	0	-3	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	GEO-2	0	-3	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-2	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-2	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-3	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	0.000	SLV-3	0	-2	0	0	0	-2	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV2	1.500	SLE-1	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLE-2	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	STR-1	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	STR-2	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	GEO-1	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	GEO-2	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	1.500	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0155	0.0078	0.0078	0.0010	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0

11.3.2 Giunti flangiati

I giunti flangiati della traversa vengono dimensionati secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare si considera:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni (M18):

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 192}{1.25} \cdot 10^{-3} = 73.73 \text{ kN}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni (M24):

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 800 \cdot 192}{1.25} \cdot 10^{-3} = 110.59 \text{ kN}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{indicata in seguito con la dicitura VER-1})$$

con la limitazione: $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$ (indicata in seguito con la dicitura VER-2)

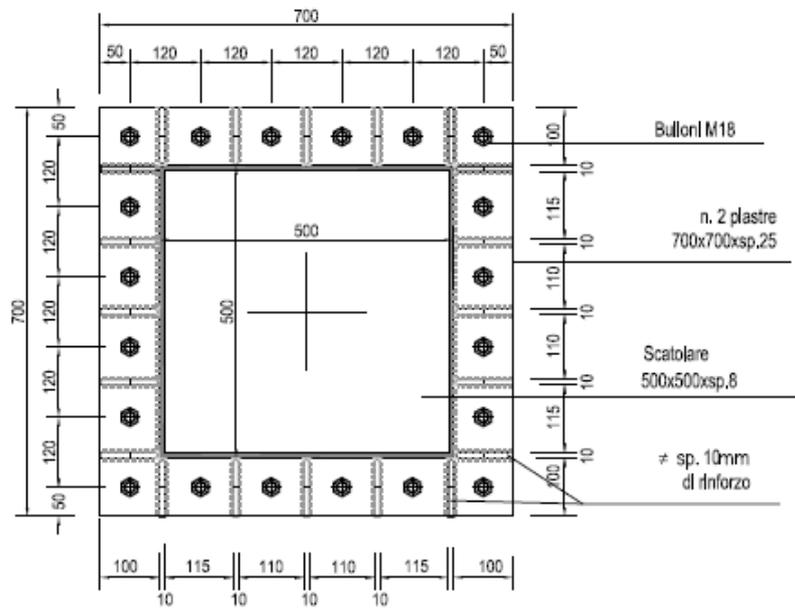
La tabella seguente riporta le azioni agenti nella sezione del giunto flangiato.

Combinazione	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-12.01	-20.40	-19.50	-53.19	-26.85
STR-2	0.00	-13.90	-12.24	-11.70	-31.91	-30.82
GEO-1	0.00	-9.69	-17.68	-16.90	-46.10	-21.75
GEO-2	0.00	-11.33	-10.61	-10.14	-27.66	-25.19
SLV-1 Max	0.09	-7.50	0.04	0.00	0.11	-16.83
SLV-1 Min	-0.09	-7.52	-0.04	0.00	-0.11	-16.88
SLV-2 Max	0.03	-7.50	0.13	0.00	0.36	-16.83
SLV-2 Min	-0.03	-7.52	-0.13	0.00	-0.36	-16.88
SLV-3 Max	0.03	-7.48	0.04	0.00	0.11	-16.77
SLV-3 Min	-0.03	-7.54	-0.04	0.00	-0.11	-16.94

Dove:

P	forza assiale;
V2	forza verticale;
V3	forza orizzontale nella direzione del vento;
M2	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M3	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
T	momento torcente.

Il giunto presenta le seguenti caratteristiche geometriche:



N. Tir.	d_x [m]	d_y [m]	d_i [m]	J_x [m ²]	J_y [m ²]
1	-0.300	0.300	0.42	1.2	1.2
2	-0.180	0.300	0.35	J_{TOR} [m ²]	N. Bulloni
3	-0.060	0.300	0.31	2.4	20
4	0.060	0.300	0.31		
5	0.180	0.300	0.35		
6	0.300	0.300	0.42		
7	-0.300	0.180	0.35		
8	0.300	0.180	0.35		
9	-0.300	0.060	0.31		
10	0.300	0.060	0.31		
11	-0.300	-0.060	0.31		
12	0.300	-0.060	0.31		
13	-0.300	-0.180	0.35		
14	0.300	-0.180	0.35		
15	-0.300	-0.300	0.42		
16	-0.180	-0.300	0.35		
17	-0.060	-0.300	0.31		
18	0.060	-0.300	0.31		
19	0.180	-0.300	0.35		
20	0.300	-0.300	0.42		

Vengono riportate le verifiche del giunto nella sola combinazione di carico STR-1 (combinazione dimensionante a Stato Limite Ultimo).

N. Bullone	N _{bull} [kN]	V _{bullX} [kN]	V _{bullY} [kN]	V _{bullT} [kN]	V _{bull} [kN]	F _{v,Ed} [kN]	F _{t,Ed} [kN]	F _{v,Rd} [kN]	F _{t,Rd} [kN]	VER-1 [-]	VER-2 [-]
1	6.46	-0.60	-1.02	3.38	4.54	4.54	6.46	73.73	110.59	0.10	0.06
2	1.24	-0.60	-1.02	2.79	3.87	3.87	1.24	73.73	110.59	0.06	0.01
3	-3.97	-0.60	-1.02	2.44	3.34	3.34	0	73.73	110.59	0.05	0.00
4	-9.19	-0.60	-1.02	2.44	3.04	3.04	0	73.73	110.59	0.04	0.00
5	-14.40	-0.60	-1.02	2.79	3.02	3.02	0	73.73	110.59	0.04	0.00
6	-19.62	-0.60	-1.02	3.38	3.29	3.29	0	73.73	110.59	0.04	0.00
7	9.09	-0.60	-1.02	2.79	3.97	3.97	9.09	73.73	110.59	0.11	0.08
8	-16.98	-0.60	-1.02	2.79	2.45	2.45	0	73.73	110.59	0.03	0.00
9	11.72	-0.60	-1.02	2.44	3.58	3.58	11.72	73.73	110.59	0.12	0.11
10	-14.35	-0.60	-1.02	2.44	1.74	1.74	0	73.73	110.59	0.02	0.00
11	14.35	-0.60	-1.02	2.44	3.41	3.41	14.35	73.73	110.59	0.14	0.13
12	-11.72	-0.60	-1.02	2.44	1.38	1.38	0	73.73	110.59	0.02	0.00
13	16.98	-0.60	-1.02	2.79	3.51	3.51	16.98	73.73	110.59	0.16	0.15
14	-9.09	-0.60	-1.02	2.79	1.60	1.60	0	73.73	110.59	0.02	0.00
15	19.62	-0.60	-1.02	3.38	3.85	3.85	19.62	73.73	110.59	0.18	0.18
16	14.40	-0.60	-1.02	2.79	3.04	3.04	14.40	73.73	110.59	0.13	0.13
17	9.19	-0.60	-1.02	2.44	2.33	2.33	9.19	73.73	110.59	0.09	0.08
18	3.97	-0.60	-1.02	2.44	1.87	1.87	3.97	73.73	110.59	0.05	0.04
19	-1.24	-0.60	-1.02	2.79	1.84	1.84	0	73.73	110.59	0.02	0.00
20	-6.46	-0.60	-1.02	3.38	2.25	2.25	0	73.73	110.59	0.03	0.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

11.3.3 Tirafondi e piastra di base

Nella seguente tabella vengono riepilogate le sollecitazioni agenti in corrispondenza della piastra di ancoraggio del traverso al muro in c.a.³

	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
SLE-1	0.000	-14.250	10.927	-53.563	-32.300	13.000
SLE-2	0.000	-8.550	12.577	-32.138	-36.837	7.800
STR-1	0.000	-21.375	14.895	-80.344	-44.337	19.500
STR-2	0.000	-12.825	17.370	-48.206	-51.144	11.700
GEO-1	0.000	-18.525	11.962	-69.631	-35.821	16.900
GEO-2	0.000	-11.115	14.107	-41.779	-41.720	10.140
SLV-1 Max	0.089	0.038	9.286	0.155	-27.725	0.000
SLV-1 Min	-0.089	-0.038	9.268	-0.155	-27.799	0.000
SLV-2 Max	0.027	0.125	9.286	0.518	-27.725	0.000
SLV-2 Min	-0.027	-0.125	9.268	-0.518	-27.799	0.000
SLV-3 Max	0.027	0.038	9.307	0.155	-27.639	0.000
SLV-3 Min	-0.027	-0.038	9.247	-0.155	-27.886	0.000

Dove:

F_x	forza orizzontale nella direzione perpendicolare al vento;
F_y	forza orizzontale nella direzione del vento;
F_z	forza verticale (positiva se di compressione);
M_x	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M_y	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
M_z	momento torcente per il montante verticale.

Di seguito si riportano le verifiche della piastra di base e dei tirafondi nelle due direzioni X e Y per il massimo momento generato dai carichi verticali (Comb. STR-2) e per il massimo momento generato dal vento (Comb. STR-1).

³ Nella relazione di calcolo relativa al muro in oggetto si terranno in considerazione le azioni in corrispondenza della piastra di ancoraggio del traverso.

11.3.3.1 Verifiche della piastra di base azioni dominanti verticali (pesi propri)

Disponendo a flessione 4+4 tirafondi M20 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 245 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-2. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	51.14 KNm
n =	6.00

Geometrie			
h =	800 mm	d =	725 mm
b =	800 mm	d' =	75 mm
a =	400 mm	d'' =	75 mm
h _M =	500 mm	x =	96 mm
A _{RES,b} =	245 mm ²	s =	25 mm
n _{b tesi} =	4	i =	650 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	150 mm

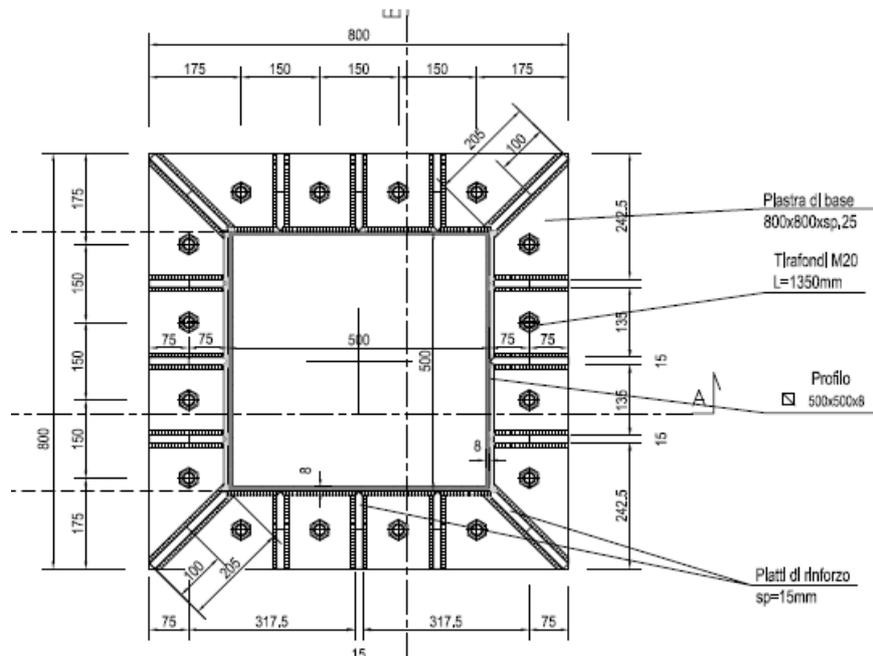
Sollecitazioni		
Massima compressione cls	σ _c =	1.92 N/mm ²
Massima trazione tassello	σ _s =	75.30 N/mm ²
Forze singolo bullone	N _b =	18.45 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} =	8.70 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} =	5.53 KNm

Verifiche Piastra	
σ _{p,plastico} =	69.64 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 25 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

11.3.3.2 Verifiche dei tirafondi azioni dominanti verticali (pesi propri)

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 16 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 30 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 4+4 tirafondi laterali paralleli alla direzione X.

Sull'i-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_y}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$

- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_y}{n_{tir}} + M_z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_y	Forza orizzontale nella direzione del vento
M_y	Momento flettente attorno all'asse Y (generato dai pesi propri e dal carico da neve)
M_z	Momento torcente per il montante verticale
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione
b_i	braccio dell'i-esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 18.45 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 2.86 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M20 ha un'area resistente pari a 245 mm² di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 141.12 kN (N_{Rdu}) e 94.08 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disuguaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{18.45}{1.4 \cdot 141.12} \right) + \left(\frac{2.86}{94.08} \right) = 0.13 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

11.3.3.3 Verifiche della piastra di base azioni dominanti orizzontali (vento)

Disponendo a flessione 4+4 tirafondi M20 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 245 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-1. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	80.34 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	800 mm	d =	725 mm
b =	800 mm	d' =	75 mm
a =	400 mm	d'' =	75 mm
h _M =	500 mm	x =	96 mm
A _{RES,b} =	245 mm ²	s =	25 mm
n _{b tesi} =	4	i =	650 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	150 mm

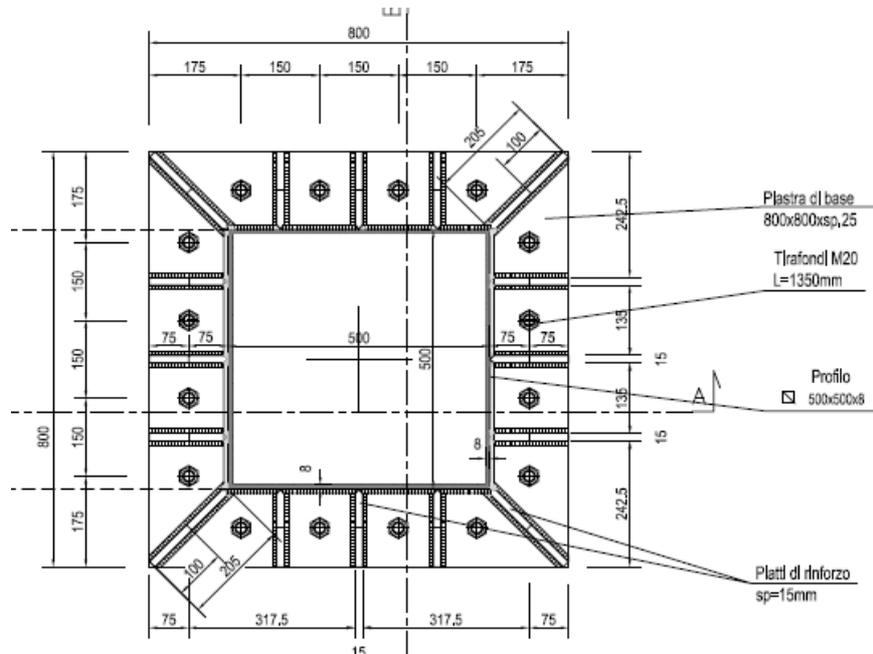
Sollecitazioni		
Massima compressione cls	σ _c =	3.01 N/mm ²
Massima trazione tassello	σ _s =	118.30 N/mm ²
Forze singolo bullone	N _b =	28.98 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} =	13.68 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} =	8.69 KNm

Verifiche Piastra	
σ _{p,plastico} =	109.40 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 25 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

11.3.3.4 Verifiche dei tirafondi azioni dominanti orizzontali (vento)

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 16 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 30 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 4+4 tirafondi laterali paralleli alla direzione Y.

Sull'i-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_x}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$
- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_y}{n_{tir}} + M_z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_y	Forza orizzontale nella direzione del vento
M_x	Momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento)
M_z	Momento torcente per il montante verticale
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione
b_i	braccio dell'i-esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 28.98 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 4.76 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M20 ha un'area resistente pari a 245 mm² di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 141.12 kN (N_{Rdu}) e 94.08 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disequaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{28.98}{1.4 \cdot 141.12} \right) + \left(\frac{4.76}{94.08} \right) = 0.20 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

11.3.4 Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)

Si eseguono le verifiche a sfilamento secondo le ipotesi di tensioni massime di aderenza barre in acciaio-clc indicate nelle NTC (§ 4.1.2.1.1.4). Si considera, in favore di sicurezza, la parte rettilinea dei tirafondi immersa nel plinto escludendo l'"uncino", di lunghezza pari a 900 mm.

$$f_{bk} = (2.25 \times \eta \times f_{ctk}) / \gamma_c = (2.25 \times 1.0 \times 2.17) / 1.5 = 3.26 \text{ MPa}$$

Nel caso di ancoraggi in zona di calcestruzzo teso la resistenza di aderenza va ridotta dividendola per 1.5.

$$F_{su} = 28.98 \text{ kN}$$

$$F_{ru} = f_{bk} \times \pi \times \emptyset \times L = (3.26 \times \pi \times 17.66 \times 900) / 1.5 = 108.52 \text{ kN}$$

$$F_{su} < F_{ru} \quad \text{Verifica soddisfatta.}$$

11.4 Deformazioni

Vengono riepilogati nella tabella seguente i valori degli spostamenti nelle 3 direzioni degli estremi liberi della traversa orizzontale:

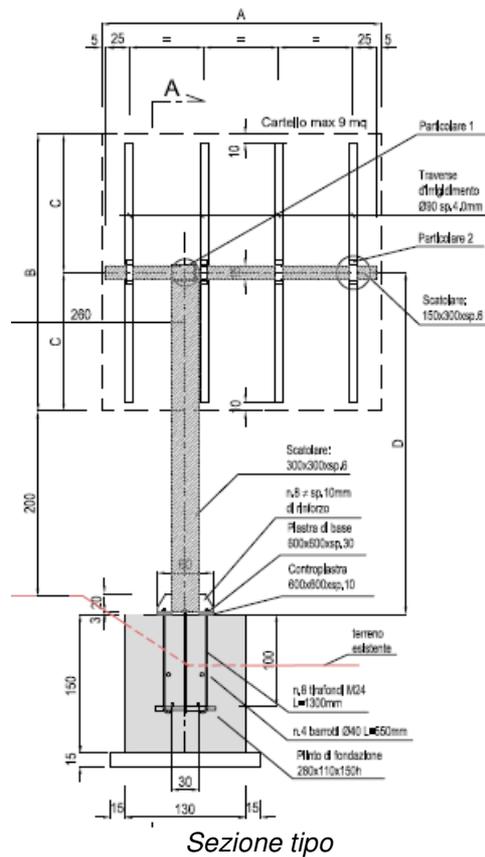
TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
N3	SLE-1	Combination	0.00	3.38	-1.92
N3	SLE-2	Combination	0.00	2.03	-2.19
N3	Pesi Propri	Combination	0.00	0.00	-1.66

Dove:

U1	Spostamento orizzontale nel piano della targa (perpendicolare al vento)	
U2		Spostamento orizzontale normale al piano della targa (direzione del vento)
U3		Spostamento verticale

12. MONOPALO

Si analizza nel presente capitolo un portale monopalo con altezza del montante massima pari a 4.50 m e una targa di dimensioni pari a 10.0 m².



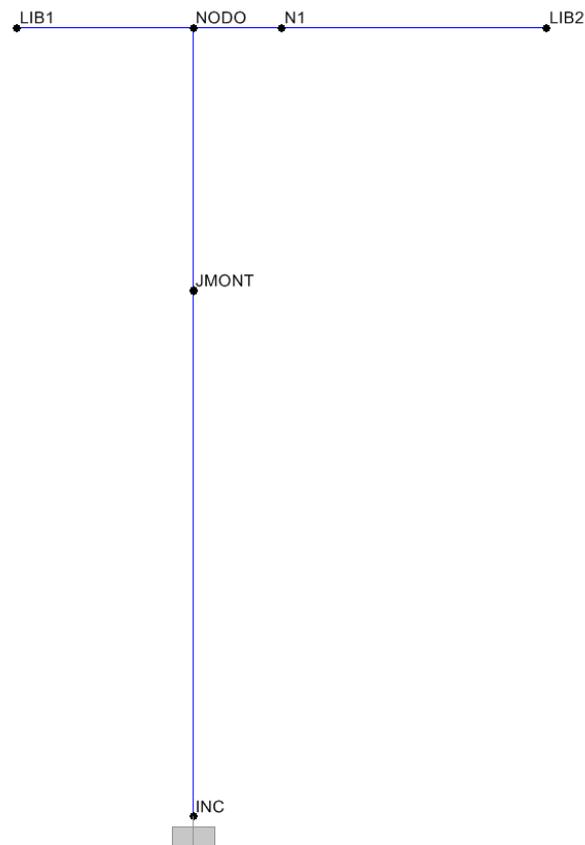
1.1 Schema di calcolo

Mediante il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced si schematizza il telaio metallico con l'ausilio di elementi monodimensionali tipo frame, di sezione e materiale corrispondenti a quelli reali.

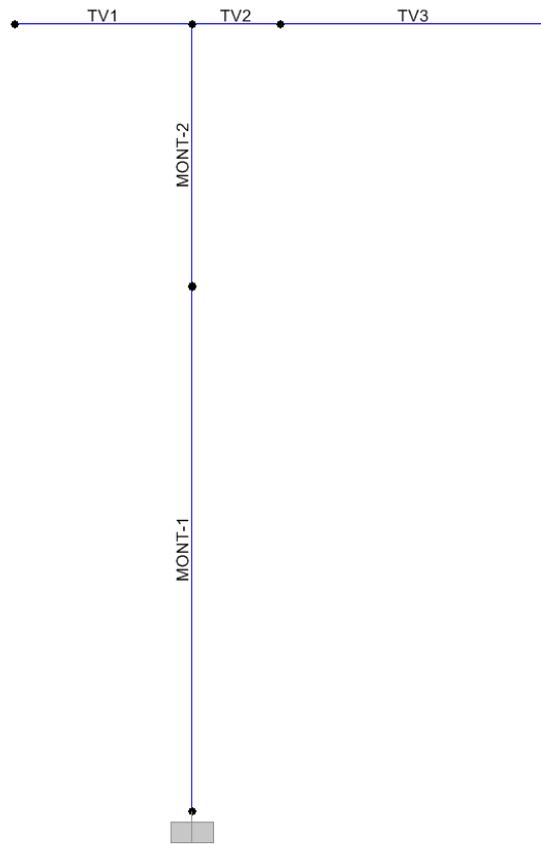
Il tabellone viene schematizzato con una forza puntuale in direzione della gravità e pari al peso dell'elemento.

Il vincolo di base (incastro perfetto) schematizza invece l'incastro della struttura portante in acciaio al cordolo di fondazione in c.a.

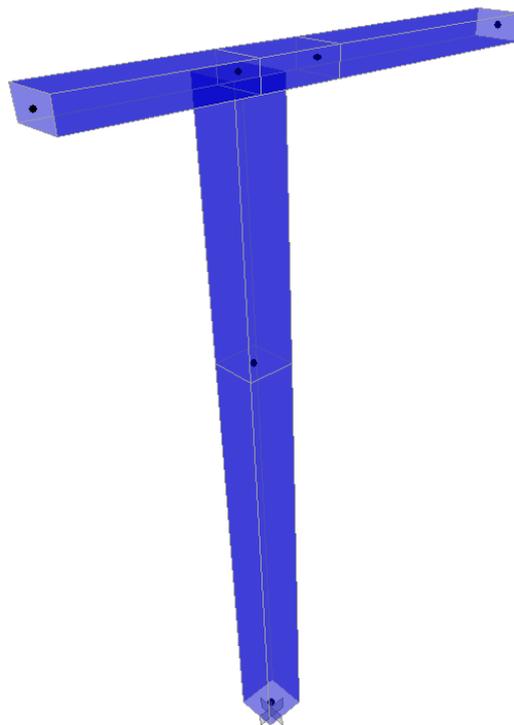
Per maggiore chiarezza vengono riportate nelle seguenti figure la denominazione dei nodi, delle aste e una vista assonometrica in 3D.



Etichette nodi



Etichette aste



Vista assonometrica in 3D

1.2 Modi di vibrare in fase sismica

In base agli spettri di risposta riportati nel paragrafo 5.4, viene di seguito riportata una tabella riepilogativa dei modi di vibrare della struttura.

Si precisa che le masse in gioco sono relative alla struttura in acciaio (incrementata del 10%) ed alle targhe (inserite come masse puntuali).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODALE	Mode	1	0.15017	88.07%	0.00%	1.30%	88.07%	0.00%	1.30%
MODALE	Mode	2	0.14899	0.00%	92.86%	0.00%	88.07%	92.86%	1.30%
MODALE	Mode	3	0.04832	0.00%	1.55%	0.00%	88.07%	94.41%	1.30%
MODALE	Mode	4	0.03599	7.83%	0.00%	18.13%	95.90%	94.41%	19.43%
MODALE	Mode	5	0.01473	3.63%	0.00%	0.01%	99.53%	94.41%	19.44%
MODALE	Mode	6	0.01431	0.00%	5.59%	0.00%	99.53%	100.00%	19.44%
MODALE	Mode	7	0.00938	0.00%	0.00%	50.95%	99.53%	100.00%	70.39%
MODALE	Mode	8	0.00876	0.47%	0.00%	4.05%	100.00%	100.00%	74.44%
MODALE	Mode	9	0.00859	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	74.44%
MODALE	Mode	10	0.00374	0.00%	0.00%	25.22%	100.00%	100.00%	99.66%
MODALE	Mode	11	0.00287	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	99.66%
MODALE	Mode	12	0.00139	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	99.66%
MODALE	Mode	13	0.00136	0.00%	0.00%	0.34%	100.00%	100.00%	100.00%

Nelle combinazioni di carico, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, gli effetti sulla struttura sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- SLD_X e SLV_X: $1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$
- SLD_Y e SLV_Y: $0.30 E_x + 1.00 E_y + 0.30 E_z$
- SLD_Z e SLV_Z: $0.30 E_x + 0.30 E_y + 1.00 E_z$

1.3 Verifiche strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali dei seguenti elementi:

- Profili scatolari in acciaio (montanti e traverso);
- Tirafondi e piastra di base;
- Plinto di fondazione in c.a.

12.1.1 Profili scatolari in acciaio

La tabella seguente riporta i valori massimi di sollecitazione dei profili scatolari in acciaio: si eseguono all'inizio e alla fine di ogni elemento frame, considerando il punto più sollecitato di ogni sezione analizzata.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- Montante: 300x300x6 mm
- Traverso TV1-TV2-TV3: 300x150x6 mm

12.1.2 Verifiche del montante

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
MONT-1	0	SLE-1	-6	0	12	5	56	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	83	3	85	9	86
MONT-1	0	SLE-2	-7	0	7	3	34	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	3	50	3	52	5	53
MONT-1	0	STR-1	-8	0	18	8	85	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	5	8	125	4	127	13	129
MONT-1	0	STR-2	-9	0	11	5	51	3	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	75	4	78	8	79
MONT-1	0	GEO-1	-7	0	15	7	73	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	4	7	108	3	110	11	112
MONT-1	0	GEO-2	-7	0	9	4	44	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	4	65	3	67	7	68
MONT-1	0	EQU-1	-5	0	18	8	85	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	5	8	125	2	126	13	128
MONT-1	0	EQU-2	-7	0	11	5	51	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	75	3	77	8	78
MONT-1	0	SLV-1	-6	0	0	0	0	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	3	2	0	2
MONT-1	0	SLV-1	-6	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	1	0	0	0
MONT-1	0	SLV-2	-6	0	0	0	1	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	1	2	0	2
MONT-1	0	SLV-2	-6	0	0	0	-1	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	-1	2	0	0	0
MONT-1	0	SLV-3	-6	0	0	0	0	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-1	0	SLV-3	-6	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-1	3	SLE-1	-4	0	11	5	22	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	32	3	34	8	37
MONT-1	3	SLE-2	-5	0	7	3	13	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	3	19	3	22	5	23
MONT-1	3	STR-1	-6	0	17	8	33	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	5	8	49	4	51	13	56
MONT-1	3	STR-2	-7	0	10	5	20	3	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	29	4	32	8	35
MONT-1	3	GEO-1	-5	0	14	7	29	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	4	7	42	3	44	11	48
MONT-1	3	GEO-2	-6	0	9	4	17	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	4	25	3	28	7	30
MONT-1	3	EQU-1	-3	0	17	8	33	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	5	8	49	2	50	13	55
MONT-1	3	EQU-2	-5	0	10	5	20	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	29	3	32	8	34
MONT-1	3	SLV-1	-4	0	0	0	0	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-1	3	SLV-1	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-1	3	SLV-2	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-1	3	SLV-2	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-1	3	SLV-3	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-1	3	SLV-3	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-2	0	SLE-1	-4	0	11	5	22	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	32	3	34	8	37
MONT-2	0	SLE-2	-5	0	7	3	13	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	3	19	3	22	5	23
MONT-2	0	STR-1	-6	0	17	8	33	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	5	8	49	4	51	13	56
MONT-2	0	STR-2	-7	0	10	5	20	3	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	29	4	32	8	35
MONT-2	0	GEO-1	-5	0	14	7	29	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	4	7	42	3	44	11	48
MONT-2	0	GEO-2	-6	0	9	4	17	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	4	25	3	28	7	30
MONT-2	0	EQU-1	-3	0	17	8	33	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	5	8	49	2	50	13	55
MONT-2	0	EQU-2	-5	0	10	5	20	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	29	3	32	8	34
MONT-2	0	SLV-1	-4	0	0	0	0	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	0	SLV-1	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-2	0	SLV-2	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	0	SLV-2	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-2	0	SLV-3	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	1	0	1
MONT-2	0	SLV-3	-4	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLE-1	-3	0	11	5	6	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	3	5	8	3	10	8	18
MONT-2	1.5	SLE-2	-4	0	7	3	3	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	3	5	3	7	5	11
MONT-2	1.5	STR-1	-5	0	17	8	8	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	5	8	12	4	15	13	27
MONT-2	1.5	STR-2	-6	0	10	5	5	3	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	7	4	11	8	17
MONT-2	1.5	GEO-1	-4	0	14	7	7	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	4	7	11	3	13	11	23
MONT-2	1.5	GEO-2	-5	0	9	4	4	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	2	4	6	3	9	7	15
MONT-2	1.5	EQU-1	-3	0	17	8	8	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	5	8	12	2	14	13	26
MONT-2	1.5	EQU-2	-4	0	10	5	5	2	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	-1	0	3	5	7	3	10	8	16
MONT-2	1.5	SLV-1	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLV-1	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLV-2	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLV-2	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLV-3	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLV-3	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2
MONT-2	1.5	SLV-3	-3	0	0	0	0	1	0.0071	0.0035	0.0035	0.0010	0.0007	0.0007	0	0	0	0	0	2	2	0	2

12.1.3 Verifiche del traverso

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV1	0	SLE-1	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	SLE-2	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	STR-1	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-2	-2	0	2
TV1	0	STR-2	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-2	-2	0	2
TV1	0	GEO-1	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	GEO-2	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-2	-2	0	2
TV1	0	EQU-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	EQU-2	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-2	-2	0	2
TV1	0	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	0	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
TV1	1	SLE-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLE-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	STR-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	STR-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	GEO-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	GEO-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	EQU-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	EQU-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLV-1	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLV-2	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV1	1	SLV-3	0	0	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV2	0	SLE-1	0	-3	-11	-6	-5	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-6	-11	-13	-7	-20	12	29
TV2	0	SLE-2	0	-3	-7	-3	-3	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-4	-6	-8	-8	-16	7	21
TV2	0	STR-1	0	-4	-17	-8	-8	-3	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-10	-16	-20	-10	-30	17	42
TV2	0	STR-2	0	-5	-10	-5	-5	-3	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-6	-10	-12	-12	-24	11	30
TV2	0	GEO-1	0	-3	-14	-7	-7	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-8	-14	-17	-8	-25	15	36
TV2	0	GEO-2	0	-4	-9	-4	-4	-3	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-5	-8	-10	-10	-20	10	26
TV2	0	EQU-1	0	-2	-17	-8	-8	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-10	-16	-20	-5	-25	17	38
TV2	0	EQU-2	0	-3	-10	-5	-5	-3	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-6	-10	-12	-9	-21	11	28
TV2	0	SLV-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV2	0	SLV-1	0	-2	0	0	0	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV2	0	SLV-2	0	-2	0	0	0	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV2	0	SLV-2	0	-2	0	0	0	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV2	0	SLV-3	0	-2	0	0	0	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV2	0	SLV-3	0	-2	0	0	0	-2	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-6	-6	0	6
TV2	0.5	SLE-1	0	-2	-11	-6	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-6	-11	0	-3	-3	12	20
TV2	0.5	SLE-2	0	-3	-7	-3	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-4	-6	0	-3	-3	7	13
TV2	0.5	STR-1	0	-4	-17	-8	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-10	-16	0	-3	-3	17	30
TV2	0.5	STR-2	0	-4	-10	-5	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-6	-10	0	-4	-4	11	19
TV2	0.5	GEO-1	0	-3	-14	-7	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-8	-14	0	-3	-3	15	26
TV2	0.5	GEO-2	0	-3	-9	-4	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-5	-8	0	-4	-4	9	17
TV2	0.5	EQU-1	0	-2	-17	-8	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-10	-16	0	-2	-2	17	29
TV2	0.5	EQU-2	0	-3	-10	-5	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	-6	-10	0	-4	-4	11	19
TV2	0.5	SLV-1	0	-2	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV2	0.5	SLV-1	0	-2	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV2	0.5	SLV-2	0	-2	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV2	0.5	SLV-2	0	-2	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV2	0.5	SLV-3	0	-2	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV2	0.5	SLV-3	0	-2	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	-1	0	0	0	-2	-2	0	2
TV3	0	SLE-1	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-3	-3	0	3
TV3	0	SLE-2	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-3	-3	0	3
TV3	0	STR-1	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-3	-3	0	3
TV3	0	STR-2	0	-2	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-4	-4	0	4
TV3	0	GEO-1	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-3	-3	0	3
TV3	0	GEO-2	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-4	-4	0	4
TV3	0	EQU-1	0	-1	0	0	0	0	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005	0.0003	0.0004	0	0	0	0	0	-2	-2	0	2
TV3	0	EQU-2	0	-1	0	0	0	-1	0.0053	0.0035	0.0017	0.0005											

12.1.4 Giunto

Il giunto della traversa viene dimensionato secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare si considera:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni (M18):

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 192}{1.25} \cdot 10^{-3} = 73.73 \text{ kN}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni (M24):

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 800 \cdot 192}{1.25} \cdot 10^{-3} = 110.59 \text{ kN}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{indicata in seguito con la dicitura VER-1})$$

con la limitazione: $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$ (indicata in seguito con la dicitura VER-2)

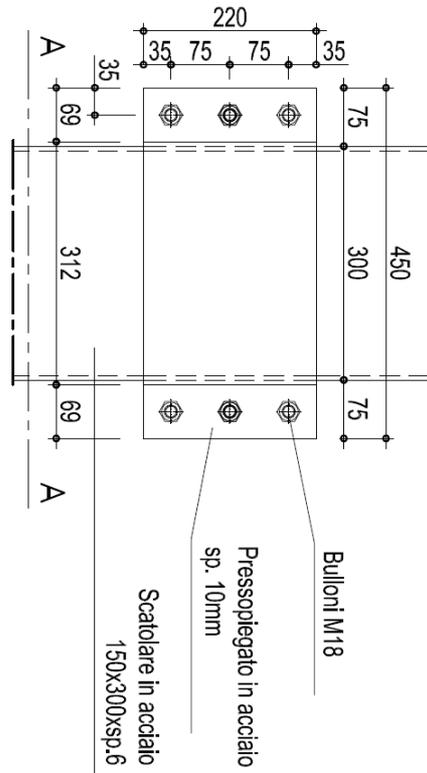
La tabella seguente riporta le azioni agenti nella sezione del giunto flangiato.

Combinazione	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	-4.83	0.00	16.50	8.25	8.25	2.42
STR-2	-5.64	0.00	9.90	4.95	4.95	2.82
SLV-1 Max	-2.85	0.09	0.03	0.01	0.00	1.45
SLV-1 Min	-2.88	-0.09	-0.03	-0.01	0.00	1.41
SLV-2 Max	-2.86	0.03	0.10	0.05	0.00	1.44
SLV-2 Min	-2.87	-0.03	-0.10	-0.05	0.00	1.42
SLV-3 Max	-2.85	0.03	0.03	0.01	0.00	1.44
SLV-3 Min	-2.87	-0.03	-0.03	-0.01	0.00	1.42

Dove:

P	forza assiale (verticale);
V2	forza orizzontale perpendicolare al vento;
V3	forza orizzontale nella direzione del vento;
M2	momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento);
M3	momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi);
T	momento torcente.

Il giunto presenta le seguenti caratteristiche geometriche:



N. Tir.	d_x [m]	d_y [m]	d_i [m]	J_x [m ²]	J_y [m ²]
1	-0.075	0.190	0.20	0.023	0.217
2	0.000	0.190	0.19	J_{TOR} [m²]	N. Bulloni
3	0.075	0.190	0.20	0.239	6
4	-0.075	-0.190	0.20		
5	0.000	-0.190	0.19		
6	0.075	-0.190	0.20		

Vengono riportate le verifiche del giunto nella sola combinazione di carico STR-1 (combinazione dimensionante a Stato Limite Ultimo).

N. Bullone	N_{bull} [kN]	V_{bullX} [kN]	V_{bullY} [kN]	V_{bullT} [kN]	V_{bull} [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{t,Rd}$ [kN]	VER-1 [-]	VER-2 [-]
1	-26.19	0.00	2.75	7.05	8.45	8.45	0	73.73	110.59	0.115	0.000
2	1.31	0.00	2.75	6.56	7.11	7.11	1.31	73.73	110.59	0.105	0.012
3	28.81	0.00	2.75	7.05	6.56	6.56	28.81	73.73	110.59	0.275	0.261
4	-30.42	0.00	2.75	7.05	8.45	8.45	0	73.73	110.59	0.115	0.000
5	-2.92	0.00	2.75	6.56	7.11	7.11	0	73.73	110.59	0.096	0.000
6	24.58	0.00	2.75	7.05	6.56	6.56	24.58	73.73	110.59	0.248	0.222

Le verifiche risultano soddisfatte.

12.1.5 Tirafondi e piastra di base

Nella seguente tabella vengono riepilogate le sollecitazioni agenti all'incastro montante/plinto di fondazione per le combinazioni di carico a Stato Limite Ultimo.

	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
STR-1	0.00	-17.85	8.39	84.53	-2.42	-8.25
STR-2	0.00	-10.71	9.20	50.72	-2.82	-4.95
GEO-1	0.00	-15.47	6.76	73.26	-2.01	-7.15
GEO-2	0.00	-9.28	7.46	43.95	-2.36	-4.29
EQU-1	0.00	-17.85	5.04	84.53	-1.29	-8.25
EQU-2	0.00	-10.71	6.66	50.72	-2.10	-4.95
SLV-1 Max	0.11	0.04	5.62	0.15	-0.93	0.01
SLV-1 Min	-0.11	-0.04	5.59	-0.15	-1.93	-0.01
SLV-2 Max	0.03	0.12	5.61	0.51	-1.28	0.05
SLV-2 Min	-0.03	-0.12	5.60	-0.51	-1.58	-0.05
SLV-3 Max	0.03	0.04	5.61	0.15	-1.28	0.01
SLV-3 Min	-0.03	-0.04	5.59	-0.15	-1.58	-0.01

Dove:

F_x	Forza orizzontale nella direzione perpendicolare al vento
F_y	Forza orizzontale nella direzione del vento
F_z	Forza verticale (positiva se di compressione)
M_x	Momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento)
M_y	Momento flettente attorno all'asse Y (generato da sbilanciamenti dei pesi)
M_z	Momento torcente per il montante verticale.

Di seguito si riportano le verifiche della piastra di base e dei tirafondi in direzione Y per il massimo momento generato dal vento (Comb. STR-1) che risulta essere l'azione dimensionante.

12.1.6 Verifiche della piastra di base

Disponendo a flessione 3+3 tirafondi M24 in acciaio ad alta resistenza classe 8.8 (area resistente del singolo tirafondo pari a 353 mm²), le sollecitazioni sulla piastra di base risultano calcolate secondo le espressioni seguenti:

- Posizione asse neutro:
$$x = \frac{nA_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{nA_s}} \right)$$
- Massimo sforzo di compressione:
$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$
- Massimo sforzo di trazione:
$$\sigma_s = n\sigma_c \left(\frac{d}{x} - 1 \right)$$
- Momenti sulla piastra:
$$M_{a-a} = \sigma_c b \frac{x}{2} \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$M_{b-b} = \sigma_s A_s \cdot d''$$

La combinazione dimensionante per la piastra risulta essere la STR-1. Pertanto si ha:

Sollecitazioni di progetto	
M =	84.53 KNm
n =	6.00 -

Geometrie			
h =	600 mm	d =	525 mm
b =	600 mm	d' =	75 mm
a =	300 mm	d'' =	75 mm
h _M =	300 mm	x =	95 mm
A _{RES,b} =	353 mm ²	s =	30 mm
n _b tesi =	3	i =	450 mm
n _{file bulloni} =	1	m =	225 mm

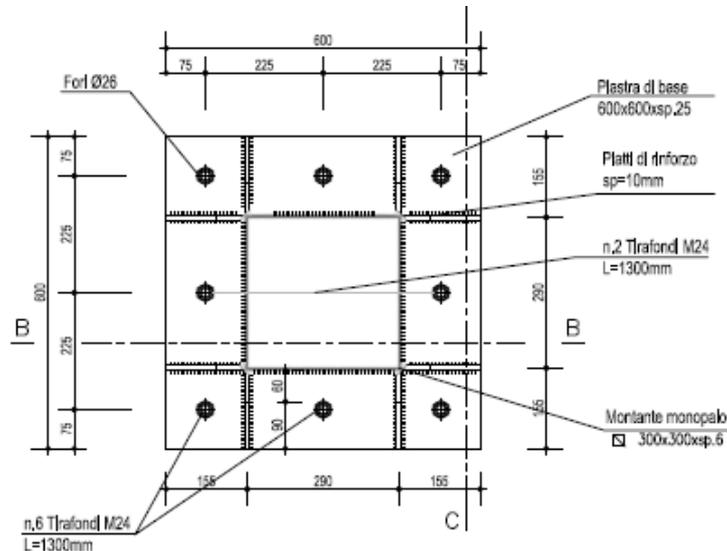
Sollecitazioni		
Massima compressione cls	$\sigma_c =$	5.99 N/mm ²
Massima trazione tassello	$\sigma_s =$	161.84 N/mm ²
Forze singolo bullone	N _b =	57.13 KN
Sollecitazioni piastra base	M _{a-a} =	20.26 KNm
Sollecitazioni piastra base	M _{b-b} =	12.85 KNm

Verifiche Piastra	
$\sigma_{p,plastico} =$	150.07 N/mm ²

Pertanto, utilizzando una piastra di spessore (s) pari a 30 mm le verifiche risultano soddisfatte. Si fa notare che anche la compressione massima nel cls risulta compatibile con i valori da normativa.

12.1.7 Verifiche dei tirafondi

In base alla disposizione in pianta dei tirafondi ed alle sollecitazioni agenti alla base del montante si provvede a calcolare le sollecitazioni agenti sul tirafondo maggiormente sollecitato.



Il taglio si distribuisce in egual misura sui 8 tirafondi presenti, mentre il momento torcente si distribuisce sugli stessi 8 tirafondi in base alla distanza dal centro della piastra (punto di applicazione del momento). A favore di sicurezza invece, le azioni di trazione/compressione generate dal momento flettente vengono calcolate trascurando l'influenza dei 2 tirafondi laterali.

Sull'*i*-esimo tirafondo le forze di trazione e taglio a cui è assoggettato vengono pertanto calcolate con le seguenti formule:

- Trazione massima:
$$N_{Sdu-i} = n \cdot \frac{2 \cdot M_x}{b \cdot x \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right)} \cdot \left(\frac{d}{x} - 1\right)$$
- Taglio massimo:
$$V_{Sdu-i} = \frac{F_y}{n_{tir}} + M_z \cdot \frac{b_i}{\sum_i b_i^2}$$

Dove:

F_y	Forza orizzontale nella direzione del vento
M_x	Momento flettente attorno all'asse X (generato dalla forza del vento)
M_z	Momento torcente per il montante verticale
n	Coefficiente di omogeneizzazione acciaio/cls (posto pari a 6)
b	larghezza della piastra
x	posizione dell'asse neutro
d	altezza utile della piastra (altezza totale depurata dalla distanza dal bordo)
n_{tir}	numero di tirafondi resistenti a taglio/torsione
b_i	braccio dell' <i>i</i> -esimo tirafondo rispetto al punto di applicazione delle forze

In base ai valori di tabella ed alla disposizione indicata nella precedente figura si ottiene:

- Trazione massima: $N_{Sdu-i} = 57.13 \text{ kN}$
- Taglio massimo: $V_{Sdu-i} = 6.11 \text{ kN}$

Secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 14/01/2008 le resistenze a taglio e a trazione dei bulloni sono le seguenti:

- Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni classe 8.8:

$$V_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Resistenza di calcolo a trazione dei bulloni classe 8.8:

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- Verifica di resistenza in presenza di azione combinata di taglio e trazione:

$$\frac{V_{v,Ed}}{V_{v,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1.4 \cdot N_{t,Rd}} \leq 1$$

Il singolo tirafondo M24 ha un'area resistente pari a 353 mm² di conseguenza le forze resistenti sono rispettivamente pari a 203 kN (N_{Rdu}) e 135 kN (V_{Rdu}).

Considerando la concomitanza di taglio e trazione, si verifica la seguente disequaglianza:

$$\left(\frac{N_{Sdu-i}}{1.4 \cdot N_{Rdu}} \right) + \left(\frac{V_{Sdu-i}}{V_{Rdu}} \right) \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{57.13}{1.4 \cdot 203} \right) + \left(\frac{6.11}{135} \right) = 0.25 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

12.1.8 Verifiche a sfilamento tirafondi (SLU)

Si eseguono le verifiche a sfilamento secondo le ipotesi di tensioni massime di aderenza barre in acciaio-clc indicate nelle NTC (§ 4.1.2.1.1.4). Si considera, in favore di sicurezza, la parte rettilinea dei tirafondi immersa nel plinto escludendo l'“uncino” di lunghezza pari a 1000 mm.

$$f_{bk} = (2.25 \times \eta \times f_{ctk}) / \gamma_c = (2.25 \times 1.0 \times 1.79) / 1.5 = 2.69 \text{ MPa}$$

Nel caso di ancoraggi in zona di calcestruzzo teso la resistenza di aderenza va ridotta dividendola per 1.5.

$$F_{su} = 57.13 \text{ kN}$$

$$F_{ru} = f_{bk} \times \pi \times \varnothing L = (2.69 \times \pi \times 21.20 \times 1000) / 1.5 = 119.44 \text{ kN}$$

$$F_{su} < F_{ru} \quad \text{Verifica soddisfatta.}$$

1.4 Deformazioni

Vengono riepilogati nella tabella seguente i valori degli spostamenti nelle 3 direzioni degli estremi liberi della traversa orizzontale:

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
LIB1	SLE-1	Combination	0.81	16.66	0.32
LIB1	SLE-2	Combination	0.93	9.99	0.37
LIB1	PROPRI	Combination	0.68	0.00	0.27
LIB2	SLE-1	Combination	0.81	22.90	-1.11
LIB2	SLE-2	Combination	0.93	13.74	-1.30
LIB2	PROPRI	Combination	0.68	0.00	-0.91

Dove:

U1		Spostamento orizzontale nel piano della targa (perpendicolare al vento)
U2		Spostamento orizzontale normale al piano della targa (direzione del vento)
U3		Spostamento verticale

12.2 Verifica fondazione diretta

Per la teoria adottata per le verifiche del plinto di fondazione si rimanda a quanto riportato nel § 8.5. Il plinto del portale è caratterizzato dalla seguente geometria:

B = 1.3 m
 L = 3.0 m
 H = 1.50 m
 D = 0.10 m (affondamento del piano di posa della fondazione)

Il plinto in c.a. pesa $N_{pl} = 146.25$ kN.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e di ricoprimento, utilizzate per le verifiche, sono le seguenti:

<i>Terreno di fondazione</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	20	20
Φ	35°	29.26°
c' [kPa]	0.0	0.0

<i>Terreno di ricoprimento</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
γ [kN/m ³]	20	20
Φ	35°	29.26°
c' [kPa]	0.0	0.0

La falda non interferisce con il piano di posa della fondazione.

12.2.1 Verifica di capacità portante

Si verifica la capacità portante del plinto, sia nel caso GEO sia in quello STR, considerando le due combinazioni più gravose, riportate nella seguente tabella.

Sollecitazioni a base montante:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-17.85	8.39	84.53	-2.42	-8.25
GEO-1	0.00	-15.47	6.76	73.26	-2.01	-7.15

Sollecitazioni a intradosso fondazione

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-17.85	198.52	111.30	-2.42	-8.25
GEO-1	0.00	-15.47	153.01	96.46	-2.01	-7.15

Combinazione STR

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE STR

Geometria

B	1.3	m
L	3.0	m
H	1.5	m
D	1	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	17.85	kN
F3	198.52	kN
M1	111.30	kNm
M2	2.42	kNm
M3	8.25	kNm

Eccentricità

e_B	0.012	m
e_L	0.561	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	2.32	m ²
L'	1.86	m
B'	1.25	m

Parametri

L1	1.86	m
L2	1.71	m
B1	0.00	m
B2	0.00	m

Verifica

r_k	1375.27	kN/m ²
r_d	1375.27	kN/m ²
F_{Rd}	3191.31	kN
FS	16.08	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	3.690
N_q	33.296
N_c	46.124
N_γ	48.029

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.470
s_c	1.484
s_γ	0.732

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.196
d_c	1.202
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.798
i_q	0.876
i_c	0.872

Combinazione GEO

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE COMBINAZIONE GEO

Geometria

B	1.3	m
L	3.0	m
H	1.5	m
D	1	m

Azioni a base fondazione

F1	0.00	kN
F2	15.47	kN
F3	153.01	kN
M1	96.46	kNm
M2	2.01	kNm
M3	7.15	kNm

Eccentricità

e_B	0.013	m
e_L	0.630	m

Dimensioni effettive fondazione

A'	2.32	m ²
L'	1.86	m
B'	1.25	m

Parametri

L1	1.86	m
L2	1.71	m
B1	0.00	m
B2	0.00	m

Verifica

r_k	633.19	kN/m ²
r_d	351.77	kN/m ²
F_{Rd}	816.29	kN
FS	5.33	

Dati terreno di fondazione

	M1	M2	
γ'	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Dati terreno di ricoprimento

	M1	M2	
γ	20	20	kN/m ³
Φ	35	29.26	°
c'	0	0	kPa
E	30	0	MPa

Coefficienti di capacità portante

N_φ	2.912
N_q	16.921
N_c	28.422
N_γ	20.077

Coefficienti di forma (per B<L)

s_q	1.376
s_c	1.399
s_γ	0.732

Coefficienti di profondità del piano di posa

d_q	1.225
d_c	1.239
d_γ	1.000

Coefficienti di inclinazione del carico

i_γ	0.774
i_q	0.861
i_c	0.853

12.2.2 Verifica a scorrimento

Le combinazioni dimensionanti per la verifica a scorrimento sono ancora la STR – 1 e la GEO – 1. Le sollecitazioni sono riportate nella seguente tabella:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
STR-1	0.00	-17.85	198.52	111.30	-2.42	-8.25
GEO-1	0.00	-15.47	153.01	96.46	-2.01	-7.15

Combinazione STR

$$T_d = F2 = 17.85 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 139.01 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 7.79}$$

Combinazione GEO

$$T_d = F2 = 15.47 \text{ kN}$$

$$R_d = F3 \cdot \tan(\delta) = 85.72 \text{ kN}$$

$$\mathbf{FS = 5.54}$$

12.2.3 Verifica al ribaltamento

Secondo le N.T.C. 2008 lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I (delle NTC2008) e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Le sollecitazioni di verifica sono le seguenti:

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
EQU-1	0.00	-17.85	136.67	111.30	-1.29	-8.25
EQU-2	0.00	-10.71	138.29	66.78	-2.10	-4.95

Si esegue la verifica per la combinazione dimensionante (EQU-1) in cui il momento sollecitante massimo è dovuto all'azione del vento:

$$M_{\text{rib}} = M1 = 111.30 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = N_{\text{tot}} \cdot L/2 = 136.67 \cdot 3/2 = 1155.98 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{FS = 1.84}$$

$$F_s = T = R \frac{z_e}{z_i}$$

Dove:

z_e viene valutato assumendo $e = 0.15b = 0.15 \cdot 0.6 \cong 0.10$ m

z_i è assunto pari a $0.9d$

$$T = 166.86 \cdot 0.55 / 1.31 \cong 70 \text{ kN}$$

L'armatura minima necessaria è:

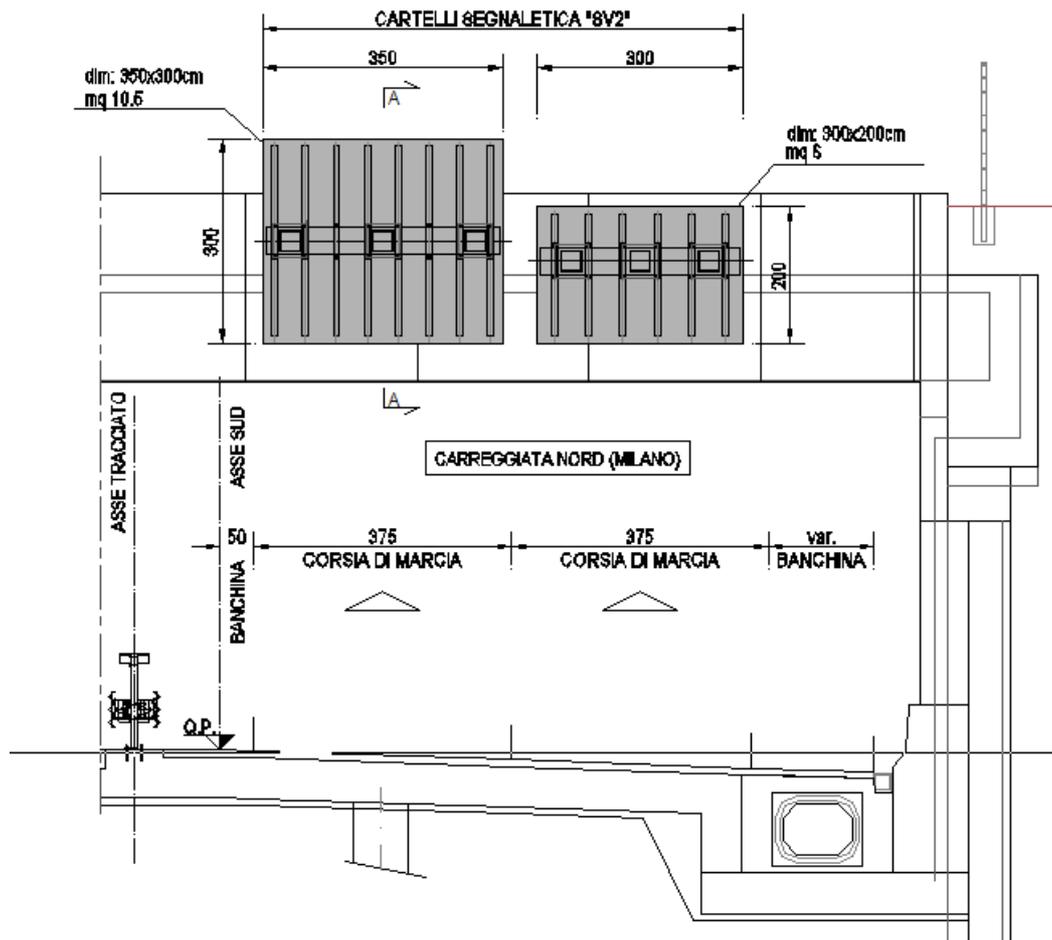
$$A_s = \frac{T}{f_{yd}} = 70 \cdot 10^3 / 391.3 \cong 180 \text{ mm}^2$$

Si provvederà ad armare i plinti con ferri $\varnothing 16$ mm / 20 cm ai lembi esterni, con copriferro minimo di 4 cm.

13. TARGHE ANCORATE ALLE STRUTTURE

Nell'ambito del progetto della segnaletica verticale sono previsti gli ancoraggi di alcune targhe all'imbotto di strutture quali cavalcavia o gallerie; di seguito si analizza l'ancoraggio di una targa segnaletica tipologica di dimensioni massime pari a 3.50x3.0m per mezzo di tasselli chimici.

I risultati così ottenuti vengono estesi a tutte le targhe ancorate a strutture di dimensioni uguali o inferiori.



Targa "SV2" dimensioni 3.50x3.0m

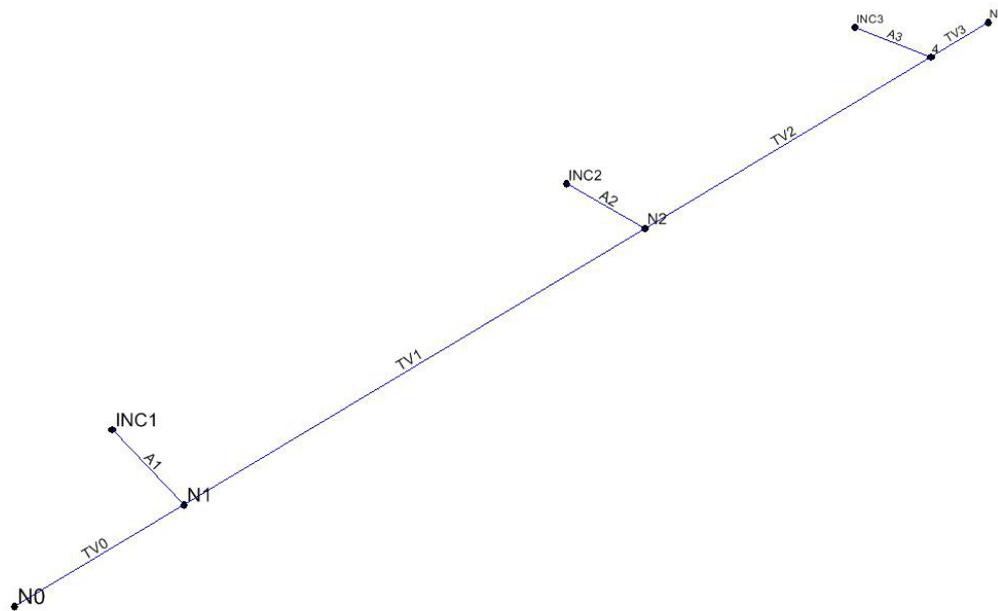
13.1 Schema di calcolo

Mediante il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 Advanced si schematizza la struttura con l'ausilio di elementi monodimensionali tipo frame, di sezione e materiale corrispondenti a quelli reali.

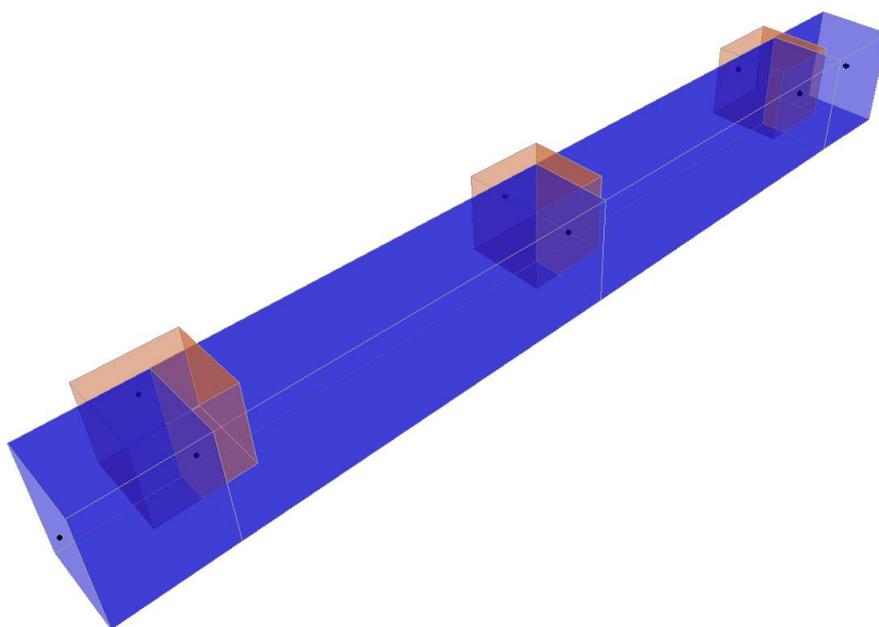
Il tabellone viene schematizzato con una forza puntuale in direzione della gravità e pari al peso dell'elemento.

I vincoli (incastri perfetti) schematizzano invece l'incastro della struttura portante in acciaio alla struttura in c.a.

Per maggiore chiarezza vengono riportate nelle seguenti figure la denominazione dei nodi, delle aste e una vista assonometrica in 3D.



Etichette aste e nodi



Vista assonometrica in 3D

13.2 Verifiche strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali dei seguenti elementi:

- Profili scatolari in acciaio (traverso e connettori trasverso - piastre);
- Tirafondi e piastra di base;

13.2.1 Profili scatolari in acciaio

La tabella seguente riporta i valori massimi di sollecitazione dei profili scatolari in acciaio: si eseguono all'inizio e alla fine di ogni elemento frame, considerando il punto più sollecitato di ogni sezione analizzata.

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- Traverso TV0-TV1-TV2-TV3: 300x400x8 mm
- Connettori A1-A2-A3: 300x300x8 mm

13.2.1.1 Verifiche connettori

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{date}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
A1	0.000	SLE-1	3.6331	1.8680	-0.0070	-0.0621	-0.0072	-2.0123	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.398	0.410	-0.002	-0.308	-0.008	-2.359	-1.969	0.310	2.041
A1	0.000	SLE-2	2.1799	2.0484	-0.0042	-0.0698	-0.0043	-1.2136	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.239	0.449	-0.001	-0.347	-0.005	-1.423	-1.189	0.347	1.332
A1	0.000	STR-1	5.4497	2.5667	-0.0104	-0.0831	-0.0107	-3.0167	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.598	0.563	-0.002	-0.413	-0.013	-3.537	-2.952	0.415	3.038
A1	0.000	STR-2	3.2698	2.8372	-0.0063	-0.0946	-0.0064	-1.8187	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.359	0.622	-0.001	-0.470	-0.008	-2.132	-1.781	0.471	1.959
A1	0.000	SLV-1	0.0057	1.6891	0.0212	-0.0544	0.0014	-0.0110	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.370	0.005	-0.270	0.002	-0.013	-0.011	0.275	0.476
A1	0.000	SLV-1	-0.0057	1.6864	-0.0212	-0.0544	-0.0014	-0.0110	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.370	-0.005	-0.270	-0.002	-0.013	-0.015	0.275	0.477
A1	0.000	SLV-2	0.0137	1.6891	0.0067	-0.0544	0.0010	-0.0110	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.370	0.001	-0.270	0.001	-0.013	-0.010	0.272	0.471
A1	0.000	SLV-2	-0.0137	1.6864	-0.0067	-0.0544	-0.0010	-0.0110	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.370	-0.001	-0.270	-0.001	-0.013	-0.015	0.272	0.471
A1	0.000	SLV-3	0.0043	1.6922	0.0064	-0.0543	0.0005	-0.0109	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.000	0.371	0.001	-0.270	0.001	-0.013	-0.012	0.271	0.470
A1	0.000	SLV-3	-0.0043	1.6832	-0.0064	-0.0545	-0.0005	-0.0110	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.000	0.369	-0.001	-0.271	-0.001	-0.013	-0.014	0.272	0.472
A1	0.300	SLE-1	3.6331	2.2225	-0.0070	-0.0621	-0.0051	-2.6259	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.398	0.487	-0.002	-0.308	-0.006	-3.078	-2.686	0.310	2.739
A1	0.300	SLE-2	2.1799	2.4569	-0.0042	-0.0698	-0.0030	-1.8894	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.239	0.539	-0.001	-0.347	-0.004	-2.215	-1.980	0.347	2.069
A1	0.300	STR-1	5.4497	3.0384	-0.0104	-0.0831	-0.0076	-3.8575	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.598	0.666	-0.002	-0.413	-0.009	-4.522	-3.934	0.415	3.999
A1	0.300	STR-2	3.2698	3.3899	-0.0063	-0.0946	-0.0046	-2.7528	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.359	0.743	-0.001	-0.470	-0.005	-3.227	-2.874	0.471	2.988
A1	0.300	SLV-1	0.0057	1.9896	0.0212	-0.0544	0.0050	-0.5619	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.436	0.005	-0.270	0.006	-0.659	-0.652	0.275	0.807
A1	0.300	SLV-1	-0.0057	1.9868	-0.0212	-0.0544	-0.0050	-0.5628	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.436	-0.005	-0.270	-0.006	-0.660	-0.666	0.275	0.819
A1	0.300	SLV-2	0.0137	1.9896	0.0067	-0.0544	0.0016	-0.5619	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.436	0.001	-0.270	0.002	-0.659	-0.655	0.272	0.807
A1	0.300	SLV-2	-0.0137	1.9868	-0.0067	-0.0544	-0.0016	-0.5628	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.436	-0.001	-0.270	-0.002	-0.660	-0.663	0.272	0.813
A1	0.300	SLV-3	0.0043	1.9927	0.0064	-0.0543	0.0015	-0.5610	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.000	0.437	0.001	-0.270	0.002	-0.658	-0.655	0.271	0.806
A1	0.300	SLV-3	-0.0043	1.9837	-0.0064	-0.0545	-0.0015	-0.5637	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.000	0.435	-0.001	-0.271	-0.002	-0.661	-0.663	0.272	0.814
A2	0.000	SLE-1	4.7337	2.5288	0.0000	0.0000	0.0000	-1.9754	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.519	0.555	0.000	0.000	0.000	-2.316	-1.797	0.000	1.797
A2	0.000	SLE-2	2.8402	2.7801	0.0000	0.0000	0.0000	-1.1728	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.311	0.610	0.000	0.000	0.000	-1.375	-1.063	0.000	1.063
A2	0.000	STR-1	7.1006	3.4652	0.0000	0.0000	0.0000	-2.9666	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.779	0.760	0.000	0.000	0.000	-3.478	-2.699	0.000	2.699
A2	0.000	STR-2	4.2603	3.8422	0.0000	0.0000	0.0000	-1.7626	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.467	0.843	0.000	0.000	0.000	-2.066	-1.599	0.000	1.599
A2	0.000	SLV-1	0.0084	2.2794	0.0237	0.0000	0.0025	0.0220	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.500	0.005	0.000	0.003	0.026	0.030	0.500	0.866
A2	0.000	SLV-1	-0.0084	2.2754	-0.0237	0.0000	-0.0025	0.0219	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.499	-0.005	0.000	-0.003	0.026	0.022	0.499	0.865
A2	0.000	SLV-2	0.0279	2.2794	0.0071	0.0000	0.0008	0.0220	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.003	0.500	0.002	0.000	0.001	0.026	0.030	0.500	0.866
A2	0.000	SLV-2	-0.0279	2.2754	-0.0071	0.0000	-0.0008	0.0219	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.003	0.499	-0.002	0.000	-0.001	0.026	0.022	0.499	0.865
A2	0.000	SLV-3	0.0084	2.2842	0.0071	0.0000	0.0008	0.0221	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.501	0.002	0.000	0.001	0.026	0.028	0.501	0.868
A2	0.000	SLV-3	-0.0084	2.2707	-0.0071	0.0000	-0.0008	0.0218	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.498	-0.002	0.000	-0.001	0.026	0.024	0.498	0.863
A2	0.300	SLE-1	4.7337	2.8833	0.0000	0.0000	0.0000	-2.7872	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.519	0.632	0.000	0.000	0.000	-3.268	-2.749	0.632	2.959
A2	0.300	SLE-2	2.8402	3.1886	0.0000	0.0000	0.0000	-2.0681	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.311	0.699	0.000	0.000	0.000	-2.424	-2.113	0.699	2.436
A2	0.300	STR-1	7.1006	3.9368	0.0000	0.0000	0.0000	-4.0769	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.779	0.863	0.000	0.000	0.000	-4.779	-4.001	0.863	4.271
A2	0.300	STR-2	4.2603	4.3948	0.0000	0.0000	0.0000	-2.9982	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.467	0.964	0.000	0.000	0.000	-3.515	-3.048	0.964	3.475
A2	0.300	SLV-1	0.0084	2.5799	0.0237	0.0000	0.0046	-0.7058	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.566	0.005	0.000	0.005	-0.827	-0.821	0.566	1.278
A2	0.300	SLV-1	-0.0084	2.5759	-0.0237	0.0000	-0.0046	-0.7069	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.565	-0.005	0.000	-0.005	-0.829	-0.835	0.565	1.286
A2	0.300	SLV-2	0.0279	2.5799	0.0071	0.0000	0.0014	-0.7058	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.003	0.566	0.002	0.000	0.002	-0.827	-0.823	0.566	1.280
A2	0.300	SLV-2	-0.0279	2.5759	-0.0071	0.0000	-0.0014	-0.7069	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.003	0.565	-0.002	0.000	-0.002	-0.829	-0.833	0.565	1.285
A2	0.300	SLV-3	0.0084	2.5847	0.0071	0.0000	0.0014	-0.7044	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0.567	0.002	0.000	0.002	-0.826	-0.823	0.567	1.281
A2	0.300	SLV-3	-0.0084	2.5712	-0.0071	0.0000	-0.0014	-0.7083	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	-0.001	0.564	-0.002	0.000	-0.002	-0.830	-0.833	0.564	1.284
A3	0.000	SLE-1	3.6331	1.8680	0.0070	0.0621	0.0072	-2.0123	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.398	0.410	0.002	0.308	0.008	-2.359	-1.952	0.718	2.315
A3	0.000	SLE-2	2.1799	2.0484	0.0042	0.0698	0.0043	-1.2136	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.239	0.449	0.001	0.347	0.005	-1.423	-1.179	0.796	1.814
A3	0.000	STR-1	5.4497	2.5667	0.0104	0.0831	0.0107	-3.0167	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.598	0.563	0.002	0.413	0.013	-3.537	-2.926	0.976	3.379
A3	0.000	STR-2	3.2698	2.8372	0.0063	0.0946	0.0064	-1.8187	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.359	0.622	0.001	0.470	0.008	-2.132	-1.766	1.092	2.588
A3	0.000	SLV-1	0.0057	1.6891	0.0212	0.0544	0.0014	-0.0110	0.0091	0.0046	0.0046	0.0002	0.0009	0.0009	0.001	0							

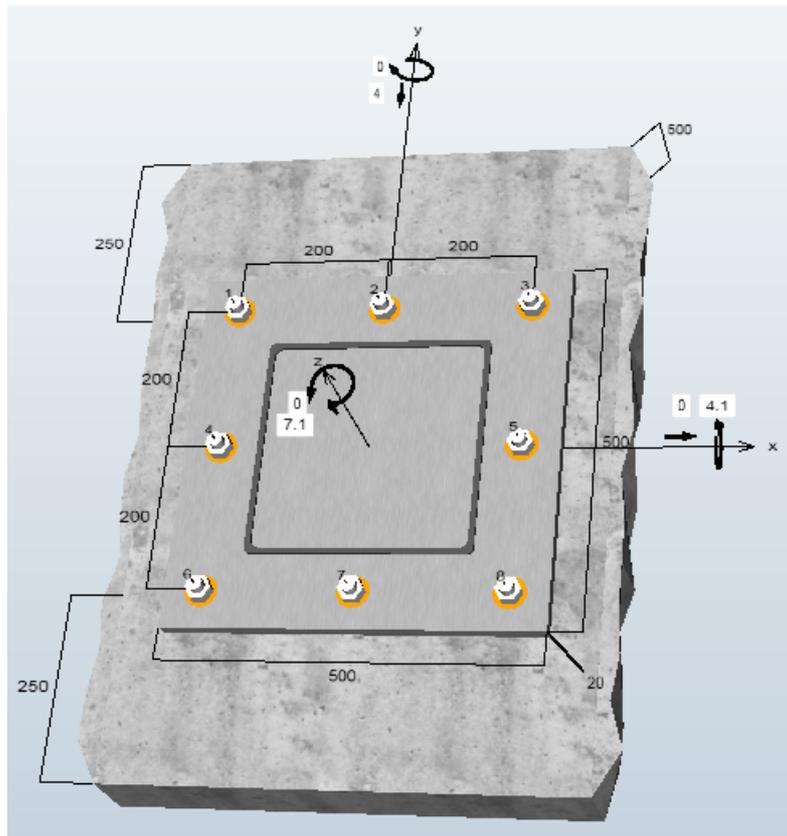
13.2.1.2 Verifiche traverso

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	A	A ₂	A ₃	J _T	W ₃₃	W ₂₂	σ _p	τ _{v2}	τ _{v3}	τ _T	σ _{M2}	σ _{M3}	σ _{max}	τ _{max}	σ _{ideale}
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	m ²	m ²	m ²	m ⁴	m ³	m ³	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
TV0	0.000	SLE-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	SLE-2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	STR-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	STR-2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	SLV-1	0.0022	0.0002	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
TV0	0.000	SLV-1	-0.0022	-0.0002	-0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	SLV-2	0.0008	0.0002	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
TV0	0.000	SLV-2	-0.0008	-0.0002	-0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	SLV-3	0.0007	0.0005	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.000	SLV-3	-0.0007	-0.0005	-0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TV0	0.350	SLE-1	0.0000	0.4740	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0830	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.076	0.000	0.000	0.000	-0.066	-0.066	0.076	0.147
TV0	0.350	SLE-2	0.0000	0.5370	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0940	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.086	0.000	0.000	0.000	-0.075	-0.075	0.086	0.166
TV0	0.350	STR-1	0.0000	0.6288	0.0000	0.0000	0.0000	-0.1100	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	-0.088	-0.088	0.100	0.195
TV0	0.350	STR-2	0.0000	0.7233	0.0000	0.0000	0.0000	-0.1266	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.115	0.000	0.000	0.000	-0.101	-0.101	0.115	0.224
TV0	0.350	SLV-1	0.0022	0.4112	0.0016	0.0000	0.0006	-0.0719	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.066	0.000	0.000	0.001	-0.057	-0.056	0.066	0.127
TV0	0.350	SLV-1	-0.0022	0.4109	-0.0016	0.0000	-0.0006	-0.0720	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.066	0.000	0.000	-0.001	-0.057	-0.058	0.066	0.127
TV0	0.350	SLV-2	0.0008	0.4112	0.0038	0.0000	0.0013	-0.0719	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.066	0.001	0.000	0.001	-0.057	-0.056	0.066	0.127
TV0	0.350	SLV-2	-0.0008	0.4109	-0.0038	0.0000	-0.0013	-0.0720	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.066	-0.001	0.000	-0.001	-0.057	-0.059	0.066	0.128
TV0	0.350	SLV-3	0.0007	0.4116	0.0012	0.0000	0.0004	-0.0717	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.066	0.000	0.000	0.000	-0.057	-0.057	0.066	0.127
TV0	0.350	SLV-3	-0.0007	0.4105	-0.0012	0.0000	-0.0004	-0.0721	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.065	0.000	0.000	0.000	-0.057	-0.058	0.066	0.127
TV1	0.000	SLE-1	0.0070	-0.8940	0.0131	0.0123	0.0072	-0.1450	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	-0.143	0.003	0.039	0.007	-0.115	-0.108	0.042	0.131
TV1	0.000	SLE-2	0.0042	-1.0113	0.0079	0.0136	0.0043	-0.1637	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.161	0.002	0.044	0.004	-0.130	-0.126	0.045	0.149
TV1	0.000	STR-1	0.0104	-1.1879	0.0197	0.0167	0.0107	-0.1932	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	-0.189	0.004	0.054	0.010	-0.154	-0.143	0.058	0.175
TV1	0.000	STR-2	0.0063	-1.3639	0.0118	0.0187	0.0064	-0.2212	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	-0.217	0.003	0.060	0.006	-0.176	-0.170	0.063	0.201
TV1	0.000	SLV-1	0.0016	-0.7766	0.0022	0.0110	0.0017	-0.1263	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.124	0.000	0.035	0.002	-0.101	-0.099	0.036	0.117
TV1	0.000	SLV-1	-0.0016	-0.7768	-0.0022	0.0110	-0.0017	-0.1264	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.124	0.000	0.035	-0.002	-0.101	-0.102	0.036	0.120
TV1	0.000	SLV-2	0.0021	-0.7766	0.0009	0.0110	0.0007	-0.1263	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.124	0.000	0.035	0.001	-0.101	-0.100	0.035	0.117
TV1	0.000	SLV-2	-0.0021	-0.7768	-0.0009	0.0110	-0.0007	-0.1264	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.124	0.000	0.035	-0.001	-0.101	-0.102	0.035	0.119
TV1	0.000	SLV-3	0.0008	-0.7763	0.0007	0.0110	0.0005	-0.1261	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.124	0.000	0.035	0.000	-0.100	-0.100	0.036	0.117
TV1	0.000	SLV-3	-0.0008	-0.7770	-0.0007	0.0109	-0.0005	-0.1265	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.124	0.000	0.035	0.000	-0.101	-0.101	0.035	0.118
TV1	1.350	SLE-1	0.0070	0.9344	0.0131	0.0123	-0.0106	-0.1723	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	0.149	0.003	0.039	-0.010	-0.137	-0.146	0.188	0.358
TV1	1.350	SLE-2	0.0042	1.0601	0.0079	0.0136	-0.0064	-0.1966	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.169	0.002	0.044	-0.006	-0.157	-0.162	0.213	0.402
TV1	1.350	STR-1	0.0104	1.2376	0.0197	0.0167	-0.0159	-0.2267	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	0.197	0.004	0.054	-0.015	-0.180	-0.194	0.251	0.476
TV1	1.350	STR-2	0.0063	1.4261	0.0118	0.0187	-0.0095	-0.2632	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	0.227	0.003	0.060	-0.009	-0.210	-0.218	0.287	0.543
TV1	1.350	SLV-1	0.0016	0.8088	0.0022	0.0110	0.0013	-0.1479	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.129	0.000	0.035	0.001	-0.118	-0.116	0.164	0.307
TV1	1.350	SLV-1	-0.0016	0.8086	-0.0022	0.0110	-0.0013	-0.1480	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.129	0.000	0.035	-0.001	-0.118	-0.119	0.164	0.308
TV1	1.350	SLV-2	0.0021	0.8088	0.0009	0.0110	0.0005	-0.1479	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.129	0.000	0.035	0.000	-0.118	-0.117	0.164	0.308
TV1	1.350	SLV-2	-0.0021	0.8086	-0.0009	0.0110	-0.0005	-0.1480	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.129	0.000	0.035	0.000	-0.118	-0.119	0.164	0.308
TV1	1.350	SLV-3	0.0008	0.8091	0.0007	0.0110	0.0004	-0.1477	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.129	0.000	0.035	0.000	-0.118	-0.117	0.164	0.308
TV1	1.350	SLV-3	-0.0008	0.8084	-0.0007	0.0109	-0.0004	-0.1483	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	0.129	0.000	0.035	0.000	-0.118	-0.118	0.164	0.308
TV2	0.000	SLE-1	0.0070	-0.9344	-0.0131	-0.0123	-0.0106	-0.1723	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	-0.149	-0.003	-0.039	-0.010	-0.137	-0.146	0.042	0.164
TV2	0.000	SLE-2	0.0042	-1.0601	-0.0079	-0.0136	-0.0064	-0.1966	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.169	-0.002	-0.044	-0.006	-0.157	-0.162	0.045	0.180
TV2	0.000	STR-1	0.0104	-1.2376	-0.0197	-0.0167	-0.0159	-0.2267	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	-0.197	-0.004	-0.054	-0.015	-0.180	-0.194	0.058	0.219
TV2	0.000	STR-2	0.0063	-1.4261	-0.0118	-0.0187	-0.0095	-0.2632	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.001	-0.227	-0.003	-0.060	-0.009	-0.210	-0.218	0.063	0.243
TV2	0.000	SLV-1	0.0016	-0.8086	0.0022	-0.0110	0.0013	-0.1479	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.129	0.000	-0.035	0.001	-0.118	-0.116	0.036	0.132
TV2	0.000	SLV-1	-0.0016	-0.8088	-0.0022	-0.0110	-0.0013	-0.1480	0.0107	0.0063	0.0044	0.0003	0.0013	0.0011	0.000	-0.129	0.000	-0.035	-0.001	-0.118	-0.119	0.036	0.134
TV2	0.000	SLV-2	0.0021	-0.8086																			

13.2.2 Ancoranti chimici e piastra di base

Nella seguente tabella vengono riepilogate le sollecitazioni agenti in corrispondenza della piastra di ancoraggio alla struttura nella combinazione più gravosa.

	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
STR-1	0.00	3.94	7.10	4.10	0.00	0.00



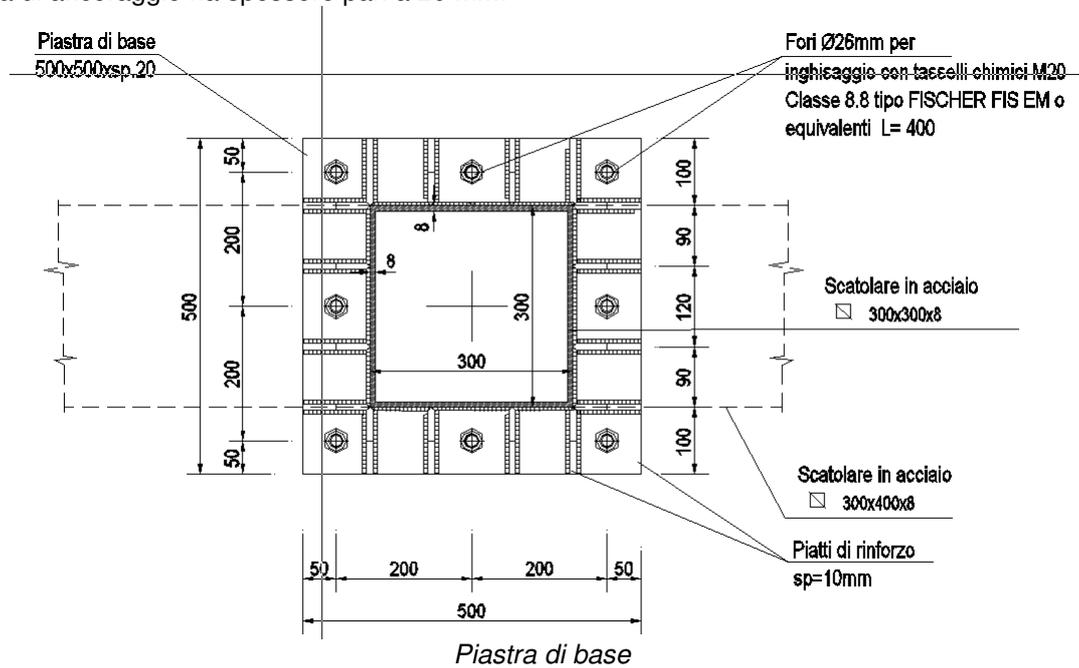
Dove:

F_x	forza orizzontale;
F_y	forza nella direzione dei pesi propri;
F_z	forza nella direzione del vento ⁴ ;
M_x	momento flettente attorno all'asse X;
M_y	momento flettente attorno all'asse Y;
M_z	momento torcente

⁴ Si ipotizza, in favore di sicurezza, che la direzione del vento generi un'azione di trazione sugli ancoraggi.

Si utilizzano per l'ancoraggio 8 tasselli chimici M20 tipo Fischer FIS EM classe 8.8 o equivalenti con una profondità di ancoraggio pari a 30 cm.

La piastra di ancoraggio ha spessore pari a 20 mm.



Di seguito nell'ALLEGATO 1 si riportano le verifiche dei tasselli chimici e della piastra di base.

13.3 ALLEGATO 1: VERIFICHE TASSELLI CHIMICI

Si riportano le verifiche dei tasselli chimici e della piastra di base.



Cassanese Tratta B

Basi della progettazione

Ancorante

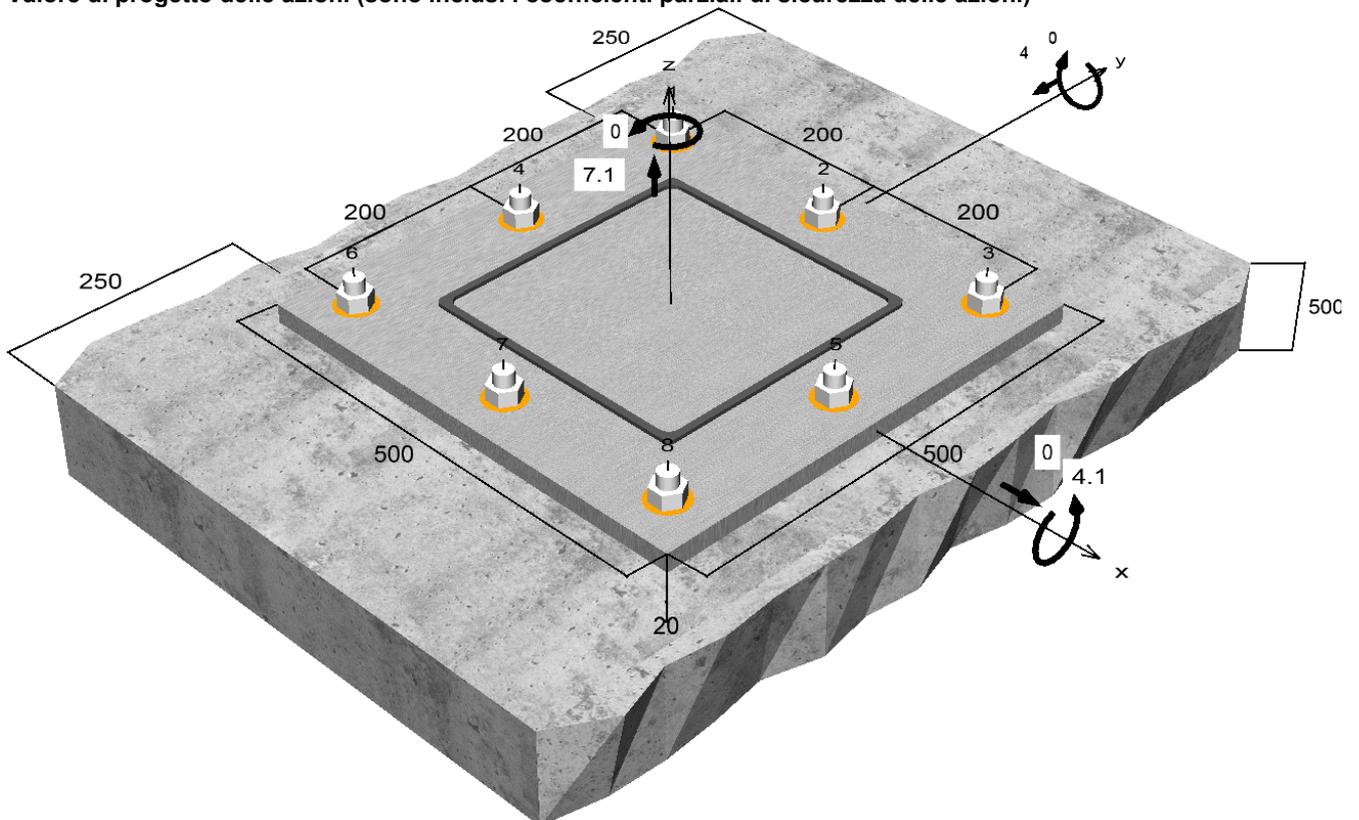
Sistema	fischer Sistema chimico a iniezione FIS EM
Ancorante chimico ad iniezione	FIS EM 390 S
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 20 x 1000 8.8, Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8
Profondità di ancoraggio	300 mm
Dati di progetto	Specifiche del produttore



Geometria / Carichi

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



Non in scala



Cassanese Tratta B

Dati di input

Metodo di progettazione	Metodo di calcolo ENSO per ancoranti chimici
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C30/37, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Non fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	Armatura normale o senza armatura. Senza armatura di bordo
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito
Tipo di carico	Statico
Distanziato	Nessuna flessione
Dimensioni piastra di ancoraggio	Ancorante fissato sul materiale di base 500 mm x 500 mm x 20 mm
Tipo di profilo	Profilo cavo quadrato formato a caldo (QSH 300x8)

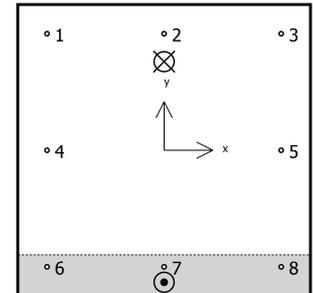
Carichi di progetto *)

N _{Sd} kN	V _{Sd,x} kN	V _{Sd,y} kN	M _{Sd,x} kNm	M _{Sd,y} kNm	M _{T,Sd} kNm
7.10	0.00	-4.00	4.10	0.00	0.00

*) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

Forze risultanti sull'ancoraggio

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	3.82	0.50	0.00	-0.50
2	3.82	0.50	0.00	-0.50
3	3.82	0.50	0.00	-0.50
4	1.81	0.50	0.00	-0.50
5	1.81	0.50	0.00	-0.50
6	0.00	0.50	0.00	-0.50
7	0.00	0.50	0.00	-0.50
8	0.00	0.50	0.00	-0.50



Forza: ⊗ Trazione ● Compressione

max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0.01 ‰
 max. tensione di compressione del calcestruzzo : 0.5 N/mm²
 Forza risultante di trazione : 15.08 kN , Coordinate x/y (0 / 152)
 Forza risultante di compressione : 7.98 kN , Coordinate x/y (0 / -227)



Cassanese Tratta B

Resistenza di progetto a trazione

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β_N %
Rottura dell'acciaio *	3.82	130.67	2.9
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	15.08	402.68	3.7
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	15.08	248.71	6.1
Fessurazione	15.08	288.87	5.2

* Ancorante più sfavorevole

Rottura dell'acciaio

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,s}$ %
196.00	1.50	130.67	3.82	2.9

Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$

Equazione
(5.2)

$$N_{Rk,p} = 254.85kN \cdot \frac{661415mm^2}{277729mm^2} \cdot 0.985 \cdot 1.134 \cdot 0.892 \cdot 1.000 = 604.02kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 20mm \cdot 300mm \cdot 13.5N/mm^2 = 254.85kN$$

Equazione
(5.2a)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7.5}\right)^{0.5}; 3 \cdot h_{ef}\right)$$

Equazione
(5.2c)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot 20mm \cdot \left(\frac{13.0N/mm^2}{7.5}\right)^{0.5}; 3 \cdot 300mm\right) = 527mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{527mm}{2} = 264mm$$

Equazione
(5.2d)

$$\Psi_{s,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{250mm}{264mm} = 0.985 \leq 1$$

Equazione
(5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1) = 1.348 - \sqrt{\frac{200mm}{527mm}} \cdot (1.348 - 1) = 1.134 \geq 1$$

Equazione
(5.2f)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck,cube}}}\right)^{1.5}$$

Equazione
(5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{5} - (\sqrt{5} - 1) \cdot \left(\frac{20mm \cdot 13.5N/mm^2}{3.2 \cdot \sqrt{300mm \cdot 37.0N/mm^2}}\right)^{1.5} = 1.348 \geq 1$$



Cassanese Tratta B

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 1.000 \cdot 0.892 = 0.892 \leq 1$$

Equazione (5.2h)

$$\Psi_{ec,Npx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{527mm}} = 1.000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 32mm}{527mm}} = 0.892 \leq 1$$

$$\Psi_{re,Np} = 1.000$$

Equazione (5.2i)

N_{Rk,p} kN	γ_{Mp}	N_{Rd,p} kN	N_{Sd} kN	β_{N,p} %
604.02	1.50	402.68	15.08	3.7

Rottura per formazione del cono di calcestruzzo



$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (\mathbf{N_{Rd,c}})$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione (5.3)

$$N_{Rk,c} = 319.23kN \cdot \frac{1170000mm^2}{810000mm^2} \cdot 0.867 \cdot 1.000 \cdot 0.934 = 373.06kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 10.1 \cdot \sqrt{37.0N/mm^2} \cdot (300mm)^{1.5} = 319.23kN$$

Equazione (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{250mm}{450mm} = 0.867 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1.000$$

Equazione (5.3d)

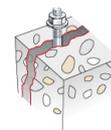
$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 0.934 = 0.934 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{900mm}} = 1.000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 32mm}{900mm}} = 0.934 \leq 1$$

N_{Rk,c} kN	γ_{Mc}	N_{Rd,c} kN	N_{Sd} kN	β_{N,c} %
373.06	1.50	248.71	15.08	6.1

Fessurazione dovuta al carico



$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_{Msp}} \quad (\mathbf{N_{Rd,sp}})$$

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{h,sp}$$

Equazione (5.4)

$$N_{Rk,sp} = 319.23kN \cdot \frac{1224000mm^2}{921600mm^2} \cdot 0.856 \cdot 1.000 \cdot 0.937 \cdot 1.273 = 433.31kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 10.1 \cdot \sqrt{37.0N/mm^2} \cdot (300mm)^{1.5} = 319.23kN$$

Equazione (5.3a)



Cassanese Tratta B

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,sp}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{250mm}{480mm} = 0.856 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3c)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1.000 \quad \text{Equazione (5.3d)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c_n}{s_{cr,sp}}} = \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 0.937 = 0.937 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3e)}$$

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{960mm}} = 1.000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 32mm}{960mm}} = 0.937 \leq 1$$

$$\Psi_{h,sp} = \max\left(1; \left(\frac{h}{h_{min}}\right)^{2/3}\right) = \max\left(1; \left(\frac{500mm}{348mm}\right)^{2/3}\right) = 1.273 \leq 2 \quad \text{Equazione fib (10.1-5a)}$$

N_{Rk,sp} kN	γ_{Mc}	N_{Rd,sp} kN	N_{Sd} kN	β_{N,sp} %
433.31	1.50	288.87	15.08	5.2

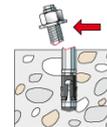
Resistenza a taglio

Verifica	Carico kN	Portata kN	Utilizzo β_v %
Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	0.50	78.40	0.6
Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	4.00	532.84	0.8
Rottura del bordo di calcestruzzo	4.00	111.61	3.6

* Ancorante più sfavorevole

Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



V_{Rk,s} kN	γ_{Ms}	V_{Rd,s} kN	V_{Sd} kN	β_{Vs} %
98.00	1.25	78.40	0.50	0.6

Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,cp})$$



$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 399.63kN = 799.26kN \quad \text{Equazione (5.7a)}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \quad \text{Equazione (5.3)}$$

$$N_{Rk,c} = 319.23kN \cdot \frac{1170000mm^2}{810000mm^2} \cdot 0.867 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 399.63kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 10.1 \cdot \sqrt{37.0N/mm^2} \cdot (300mm)^{1.5} = 319.23kN \quad \text{Equazione (5.3a)}$$



Cassanese Tratta B

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{250mm}{450mm} = 0.867 \leq 1$$

Equazione (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1.000$$

Equazione (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_s}{8c_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 1.000 = 1.000 \leq 1$$

Equazione (5.3e)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,cp}$ %
799.26	1.50	532.84	4.00	0.8

Rottura del bordo di calcestruzzo



$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,c})$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V}$$

Equazione (5.8)

$$V_{Rk,c} = 109.19kN \cdot \frac{431250mm^2}{281250mm^2} \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 167.42kN$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1.5}$$

Equazione (5.8a)

$$V_{Rk,c}^0 = 2.4 \cdot (20mm)^{0.098} \cdot (240mm)^{0.060} \cdot \sqrt{37.0N/mm^2} \cdot (250mm)^{1.5} = 109.19kN$$

$$\alpha = 0.1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0.1 \cdot \sqrt{\frac{240mm}{250mm}} = 0.098 \quad \beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0.2} = 0.1 \cdot \left(\frac{20mm}{250mm}\right)^{0.2} = 0.060$$

Equazione (5.8b/c)

$$\Psi_{s,V} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5c_1} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{375mm}{1.5 \cdot 250mm} = 1.000 \leq 1$$

Equazione (5.8e)

$$\Psi_{h,V} = \max\left(1; \sqrt{\frac{1.5c_1}{h}}\right) = \max\left(1; \sqrt{\frac{1.5 \cdot 250mm}{500mm}}\right) = 1.000 \geq 1$$

Equazione (5.8f)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{\Psi_{90,V}}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 0.0)^2 + \left(\frac{\sin 0.0}{2.5}\right)^2}} = 1.000 \geq 1$$

Equazione (10.2-5f)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2e_s}{3c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 250mm}} = 1.000 \leq 1$$

Equazione (5.8h)

$$\Psi_{re,V} = 1.000$$

$V_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,c}$ %
167.42	1.50	111.61	4.00	3.6



Cassanese Tratta B

Risultato dei carichi di trazione e taglio

Carichi di trazione	Utilizzo β_N %	Carichi di taglio	Utilizzo β_V %
Rottura dell'acciaio *	2.9	Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *	0.6
Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo	3.7	Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico	0.8
Rottura per formazione del cono di calcestruzzo	6.1	Rottura del bordo di calcestruzzo	3.6
Fessurazione	5.2		

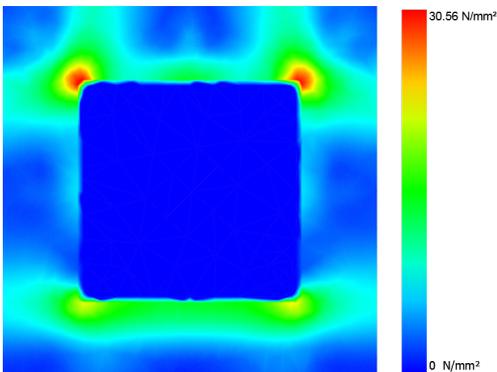
* Ancorante più sfavorevole

Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

$\beta_N = 0.06 \leq 1$		Verifica soddisfatta	Equazione (5.9a)
$\beta_V = 0.04 \leq 1$			Equazione (5.9b)
$\frac{\beta_N + \beta_V}{1.2} = 0.06 \leq 1$			Equazione (5.9c)

Spessore piastra di base

Andamento delle tensioni



Dettagli piastra di base

Spessore della piastra	t =	20 mm
Materiale della piastra di base		S 355 (St 52)
Modulo elastico	E =	210 000 N/mm ²
Tensione di snervamento	R _{p,0,2} =	355 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	γ _M =	1.1
Coefficiente di Poisson	ν =	0.3
Utilizzo	η =	9 %
Tipo di profilo		Profilo cavo quadrato formato a caldo (QSH 300x8)



C-FIX 1.13.0.2889
Versione database
2015.3.4.13.35
Data
17/07/2015

fischer 
innovative solutions

Cassanese Tratta B

Dati di installazione

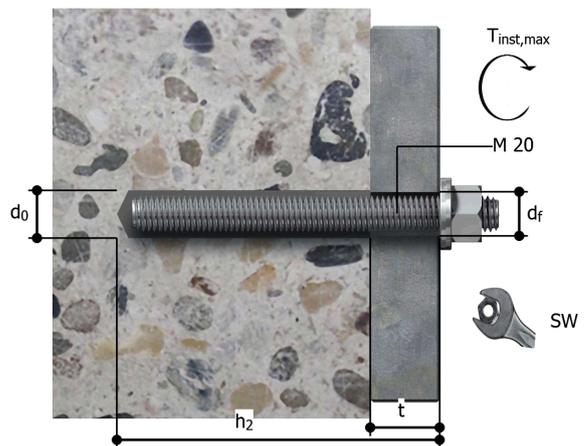
Ancorante

Sistema	fischer Sistema chimico a iniezione FIS EM
Ancorante chimico ad iniezione	FIS EM 390 S (sono disponibili altri formati della cartuccia)
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 20 x 1000 8.8, Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8
Perforated Sleeve	-
Accessorio	FIS MR Dispenser FIS DM S Pistola ad aria compressa ABS Punta SDS Max IV 24/400/520



Dettagli di installazione

Filettatura	M 20
Diametro del foro	$d_0 = 24 \text{ mm}$
Profondità di foratura	$h_2 = 320 \text{ mm}$
Profondità di ancoraggio	$h_{ef} = 300 \text{ mm}$
Metodo di foratura	Rotopercussione
Pulizia del foro	Pulire con 2 soffiare, 2 spazzolate e 2 soffiare eseguite con idonei pistola ad aria compressa e scovolino
Tipo di installazione	Installazione passante
Spazio anulare tra foro della piastra e barra	Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito
Coppia di serraggio massima	$T_{inst,max} \leq 120.0 \text{ Nm}$
Dimensioni della chiave	30 mm
Spessore della piastra di base	$t = 20 \text{ mm}$
t fix	$t_{fix} = 20 \text{ mm}$
Consumo di resina per foro	78 ml/39 Unità graduate





Cassanese Tratta B

Dettagli piastra di base

Materiale della piastra di base S 355 (St 52)
Spessore della piastra di base $t = 20 \text{ mm}$
Diametro del foro nell'oggetto da fissare $d_f = 26 \text{ mm}$

Profilo

Tipo di profilo Profilo cavo quadrato formato a caldo (QSH 300x8)

Coordinate dell'ancoraggio

Ancorante n°	x mm	y mm
1	-200	200
2	0	200
3	200	200
4	-200	0
5	200	0
6	-200	-200
7	0	-200
8	200	-200

