

# **SEGNALETICA**

**Tipologico segnaletica fissa monopalo  
Relazione di calcolo**



# Sommario

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1	NORMATIVE.....	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
<b>3</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
3.1	CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	6
3.1.1	Classi di esposizione e condizioni ambientali.....	6
3.1.2	Copriferri e classe di resistenza minima.....	6
3.1.3	Caratteristiche meccaniche.....	6
3.2	ACCIAIO PER ARMATURE.....	7
3.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	7
3.3.1	Trattamenti superficiali per la durabilità .....	7
3.3.2	Bullonature .....	7
3.3.3	Saldature.....	8
3.3.4	Ancoraggi.....	8
3.3.5	Rosette e piastre .....	8
3.3.6	Classe di esecuzione .....	8
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>13</b>
5.1	LUSAS® .....	13
5.2	MICROSOFT OFFICE EXCEL ® .....	13
5.3	VCA SLU ® .....	13
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELLE AZIONI.....</b>	<b>16</b>
7.1	CRITERI DI CALCOLO.....	16
7.2	ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI .....	16
7.3	PESI PROPRI (G1) .....	16
7.4	<b>AZIONE DEL VENTO (QW) .....</b>	<b>16</b>
7.5	TEMPERATURA (DTU) .....	19
7.6	AZIONE SISMICA (E) .....	19
<b>8</b>	<b>STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA .....</b>	<b>21</b>
9.1	SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA METALLICA .....	23
9.2	SOLLECITAZIONI AGENTI AD INTRADOSSO FONDAZIONE .....	24
<b>10</b>	<b>VALIDAZIONE DEL FOGLIO DI CALCOLO UTILIZZATO PER IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....</b>	<b>26</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>27</b>
11.1	VERIFICA DELLE SEZIONI IN CARPENTERIA METALLICA .....	27
11.2	ANALISI DI BUCKLING GLOBALE.....	29
11.3	VERIFICA DELLE SALDATURE A CORDONE D'ANGOLO .....	33
11.4	VERIFICA DEI GIUNTI DI CONNESSIONE .....	35
11.4.1	Portale tipo A - Verifica del giunto di sommità della colonna (Sez. B).....	35
11.4.2	Portale tipo B - Verifica del giunto di sommità della colonna (Sez. B).....	39
11.4.3	Portale tipo C - Verifica del giunto di sommità della colonna (Sez. B).....	42
11.4.4	Portale tipo A - Verifica del giunto di base della colonna (Sez. C).....	45
11.4.5	Portale tipo B - Verifica del giunto di base della colonna (Sez. C).....	48



11.4.6	Portale tipo C - Verifica del giunto di base della colonna (Sez. C).....	50
11.5	VERIFICHE DEGLI ANCORAGGI ALLE STRUTTURE DI FONDAZIONE .....	54
11.5.1	Portale tipo A .....	58
11.5.2	Portale tipo B .....	71
11.5.3	Portale tipo C .....	84
11.6	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ .....	98
12	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	100
13	VERIFICA DELLE FONDAZIONI .....	101



## Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 3-1. DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI ESPOSIZIONE E CONDIZIONI AMBIENTALI PER OGNI TIPOLOGIA DI OPERA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	6
TABELLA 3-2. COPRIFERRI MINIMI IN MM IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI .....	6
FIGURA 3-1. TABELLA DI PRECARICO DEI BULLONI - NTC18 .....	8
FIGURA 3-2. DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI ESECUZIONE .....	9
TABELLA 4-1 - TIPOLOGIE MONOPALO. ....	10
FIGURA 4-1. SCHEMA INDICATIVO DELL'INSTALLAZIONE .....	10
TABELLA 4-2. DIMENSIONE E SPESSORI STRUTTURALI .....	11
FIGURA 4-2. CARATTERISTICHE DELL'ANCORAGGIO ALLA FONDAZIONE .....	11
FIGURA 4-3. TIPOLOGIA DELLA FONDAZIONE PREVISTA PER IL MONOPALO DI TIPO A .....	12
FIGURA 4-4. TIPOLOGIA DELLA FONDAZIONE PREVISTA PER IL MONOPALO DI TIPO B .....	12
FIGURA 4-5. TIPOLOGIA DELLA FONDAZIONE PREVISTA PER IL MONOPALO DI TIPO C .....	12
TABELLA 8-1. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE - EQU .....	20
TABELLA 8-2. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE - SLU A1 .....	20
TABELLA 8-3. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE - SLE CARATTERISTICA.....	20
TABELLA 8-4. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE - SLE FREQUENTE.....	20
TABELLA 8-5. COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE - SLE QUASI PERMANENTE .....	20
FIGURA 11-1. GIUNTO DI SOMMITÀ, CON IN EVIDENZA LE DIMENSIONI UTILIZZATE NELLE VERIFICHE .....	38
FIGURA 11-2. GIUNTO DI SOMMITÀ, CON IN EVIDENZA LE DIMENSIONI UTILIZZATE NELLE VERIFICHE .....	41
FIGURA 11-3. GIUNTO DI SOMMITÀ, CON IN EVIDENZA LE DIMENSIONI UTILIZZATE NELLE VERIFICHE .....	44
FIGURA 11-4. GIUNTO DI BASE - Sez C .....	54
FIGURA 11-5. SPETTRO DI VARIAZIONE DELLE TENSIONI.....	55
FIGURA 11-6. CURVE DI RESISTENZA A FATICA S-N PER TENSIONI NORMALI E TANGENZIALI .....	56
FIGURA 11-7. DETERMINAZIONE DEL NUMERO DI CICLI A ROTTURA PER $\Delta\sigma$ ASSEGNATO .....	56
FIGURA 11-8. NUMERO DI CICLI DI CARICO DA RAFFICA PER UN EFFETTO $\Delta S/S_k$ .....	57
FIGURA 11-9. NUMERO DI CICLI DI CARICO DA RAFFICA (CUMULATA) PER UN EFFETTO $\Delta S/S_k$ .....	57
FIGURA 13-1. SCHEMA TIRANTE-PUNTONE.....	101



# 1 INTRODUZIONE

La **segnaletica verticale d'informazione**, come servizio all'utenza, è da sempre uno degli obiettivi più importanti della Società AUTOSTRADE per l'Italia S.p.A.

Le strutture in oggetto, collocate ai margini della carreggiata stradale/autostradale, sono destinate a sorreggere cartelli di indicazione stradale aventi dimensione massima 4.5m x 4.00m.

Le strutture, denominate **Monopalo tipo A, B e C**, sono concepite come "Tipologiche" e, nel rispetto dei limiti dimensionali definiti nella presente relazione, possono essere collocate lungo qualsiasi tratto autostradale a condizione che si rispettino le massime azioni indotte dal vento assunte in fase di calcolo.

In particolare, il massimo valore caratteristico della pressione agente sul pannello di segnaletica, per effetto del vento, è pari a  $q_{W-MAX} = 1.50 \text{ kN/m}^2$ .

Ne discende che le analisi e verifiche condotte sono da ritenersi valide per strutture ubicate in aree geografiche aventi caratteristiche tali da determinare la massima pressione del vento agente sul pannello di segnaletica, ottenibile attraverso valutazioni basate sulla normativa nazionale (NTC 2018, UNI EN 1991-1-4), al più uguale al suddetto valore.

Si evidenzia inoltre che le strutture in esame non sono dimensionate per un'eventuale azione eccezionale provocata dall'urto di un veicolo in svio. Tale situazione dovrà essere evitata mediante una strategia che possa minimizzare il rischio di impatto sulla struttura colonnare, predisponendo elementi marginali alla carreggiata (barriere di sicurezza) ed adeguate distanza dell'asse colonna.

La presente relazione riporta i calcoli e le verifiche statiche dei principali elementi strutturali di carpenteria metallica, unitamente al dimensionamento strutturale del plinto di fondazione. Si rimanda alla relazione dedicata per le verifiche di carattere geotecnico.



## 2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVE

#### Normative e prescrizioni emesse dallo Stato italiano:

- [1] **D.M. 17.01.2018** “Norme tecniche per le costruzioni”
- [2] **Circolare n. 7 del 21.01.2019** contenente le istruzioni per le l'applicazione dell'Aggiornamento alle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 17.01.2018
- [3] **CNR-DT R1 207/18** contenente le istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni (06.02.2018)
- [4] **EN 1992-4- 2018** Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo

#### Normativa Europea ed estera:

- [5] **EN 1991-1-4 (04/2005) Azioni sulle strutture, azioni del vento** contenente indicazioni riguardo il calcolo delle azioni del vento ed il loro effetto sulle strutture
- [6] **EN 1993-1-1 (08/2005) Progettazione delle strutture in acciaio, regole generali e regole per gli edifici** contenente indicazioni riguardo la verifica delle strutture in acciaio
- [7] **EN 1993-1-5 (10/2006) Progettazione delle strutture in acciaio, elementi strutturali a piastra** contenente indicazioni riguardo la verifica delle strutture in acciaio
- [8] **EN 1993-1-8 (05/2005) Progettazione delle strutture in acciaio, nodi di connessione** contenente indicazioni riguardo la verifica dei nodi di connessione di strutture in acciaio
- [9] **EN 1993-1-9 (05/2005) Progettazione delle strutture in acciaio, fatica** contenente indicazioni riguardo la verifica alla fatica di strutture in acciaio
- [10] **British standards Part 1 (BD94/07)** Highway structures: Design of minor structures (Special Structures)
- [11] **British standards Part 4 (BD51/98)** structures: Design of portal and cantilever signs/signal gantries (Special Structures)

### 2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### Articoli e pubblicazioni:

- [12] **Setrà** - Sign bridges: improvement of their wind resistance - Engineering Structures Techniques Centre (CTOA). J. Berthelley
- [13] **Designers' Guide to EN 1993-2**. C.R. Hendy and C.J. Murphy (Thomas Telford Publishing)  
**Internatinonal Journal of Mechanical Engineering Education 33/4**: Theorical analysis of preloaded bolted joints subjected to cyclic loading - Josè Maria Minguez and Jeffrey Vogwell
- [14] **ASPI - Manuale di progettazione (17/01/2022)** – Criteri di progettazione di portali segnaletici



### 3 MATERIALI

Tutti i materiali dovranno essere approvvigionati in accordo alle NTC 2018. La realizzazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle tolleranze previste dalla UNI EN 1090. In ogni caso dovrà essere rispettato sia quanto previsto nel Capitolato Speciale di Appalto che nelle specifiche tecniche fornite dalla Direzione Lavori là dove queste siano più restrittive. Le caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati sono di seguito specificate.

#### 3.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

##### 3.1.1 Classi di esposizione e condizioni ambientali

Al fine di garantire buone prestazioni di durabilità delle opere in c.a., occorre adottare alcuni provvedimenti atti a limitare gli effetti degradanti indotti dagli attacchi chimico-fisici. Per ogni tipologia di elemento strutturale in c.a. è stata definita la classe di esposizione secondo la UNI EN 206:2021 come riportato nella tabella sottostante

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Condizioni ambientali
Calcestruzzo per opere non armate (magrone)	X0	Ordinarie
Calcestruzzo per le fondazioni	XC4 + XF4 + XD3	Molto aggressive

Tabella 3-1. Definizione della classe di esposizione e condizioni ambientali per ogni tipologia di opera in conglomerato cementizio

In base alla tabella 4.1.III delle NTC18, che associa a ciascuna classe di esposizione la corrispondente condizione ambientale, è possibile definire che le strutture delle fondazioni sono poste in condizioni ambientali molto aggressive.

##### 3.1.2 Copriferri e classe di resistenza minima

Per la protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV della circolare alle NTC18 di seguito riportata.

			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	
$C_{min}$	$C_o$	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	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

Tabella 3-2. Copriferri minimi in mm in funzione delle condizioni ambientali

In base alle condizioni ambientali e alla tipologia di elemento è stato definito il valore minimo del copriferro  $C_{min}$ . A tale valore viene applicato un incremento di 5 mm per la tolleranza di posa in opera con il successivo controllo di qualità e verifica del copriferro. Per le opere oggetto di studio si ottiene il seguente valore di copriferro nominale e classe di calcestruzzo minima:

$$C_{nom} = 45 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

Classe di resistenza minima = C 35/45

##### 3.1.3 Caratteristiche meccaniche

Classe di calcestruzzo:	C 35/45
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd} = 19.83 \text{ MPa}$



Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = 1.50 \text{ MPa}$
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 1 \times 10^{-5}$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 34077 \text{ MPa}$
Peso Specifico	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

### 3.2 ACCIAIO PER ARMATURE

Tipologia acciaio	B 450C
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} = 391.3 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.3$

### 3.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

In funzione degli spessori ai sensi della UNI EN 1993-1-10 viene definita la resilienza.

- Elementi saldati in acciaio con  $t \leq 40 \text{ mm}$  S355J2

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovranno essere nei limiti della UNI EN 10025-2. Le tolleranze dimensionali per lamiere e profilati dovranno rispettare i limiti prescritti dalla UNI EN 10029 con classe di tolleranza minima A o B.

Tutti i materiali dovranno essere corredati di certificati e documenti di tracciabilità. Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio utilizzato sono riportate di seguito:

<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$	$t \leq 40 \text{ mm}$	Resistenza a snervamento
	$f_{tk} = 510 \text{ MPa}$		Resistenza a rottura
	$E = 210000 \text{ MPa}$		Modulo di Young
	$\nu = 0.3$		Coefficiente di Poisson
	$G_s = 80769 \text{ MPa}$		Modulo elastico tangenziale
	Peso Specifico		$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### 3.3.1 Trattamenti superficiali per la durabilità

Classe di durabilità (VH).

Categoria di corrosività C4.

Zincatura a caldo (secondo UNI 1461).

#### 3.3.2 Bullonature

Secondo DM 17/01/2018 e UNI EN 14399-1

- Preparazione delle superfici: classe di rugosità C (EN 1090-2, tab18).



- Viti: classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898-1;
- Dadi: classe 8 secondo UNI EN ISO 898-1;
- Rosette e piastrene: C50 temperato e rinvenuto, HRC 32-40 secondo UNI EN 14399 e UNI EN ISO 683-1;

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

Precarico secondo DM 17/01/2018 (la coppia dovrà essere quella riportata sulle targhette delle confezioni).

Per il metodo di applicazione della coppia ed il controllo del precarico si rimanda a quanto previsto dalla UNI EN 1090-2.

Tabella 4.2.XVI – Coppie di serraggio per i bulloni 8.8

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	$A_{res}$ [mm <sup>2</sup> ]
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

Figura 3-1. Tabella di precarico dei bulloni - NTC18

### 3.3.3 Saldature

Le saldature dovranno essere realizzate in accordo alle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17.01.2018).

Salvo diversamente specificato negli elaborati di dettaglio, le unioni saldate sono a completa penetrazione e continue sul perimetro del pezzo da saldare.

Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli.

### 3.3.4 Ancoraggi

Barre filettate in acciaio di caratteristiche di resistenza non inferiore alla classe 8.8 secondo UNI EN 898 parte I con dadi di classe 8 secondo UNI EN 20898 parte II (riferimento UNI 14399).

### 3.3.5 Rosette e piastre

Acciaio C50 temperato e rinvenuto, HRC 32-40 secondo UNI EN 14399 e UNI EN ISO 683-1;

### 3.3.6 Classe di esecuzione

I profili delle strutture saranno realizzati secondo i criteri e le prescrizioni delle seguenti specifiche d'opera secondo EN 1090-2:

- CLASSE DI IMPORTANZA: CC2 (conseguenze medie in termini di perdite di vite umane...).
- CATEGORIA DI SERVIZIO: SC2 (strutture per azioni affaticanti, suscettibili alle vibrazioni indotte dal vento...).
- CATEGORIA DI PRODUZIONE: PC2 (componenti saldati realizzati da prodotti di acciaio classe maggiore o uguale di S355)



La classe generale di esecuzione dell'opera sarà quindi **EXC3**. Si dovrà inoltre ottemperare a tutte le prescrizioni più restrittive previste dalle NTA.

Di seguito si riporta lo schema per l'attribuzione della classe di esecuzione EXC3.

Matrice per la definizione della classe di esecuzione							
Classi di danno consequenziale		CC1 lieve		CC2 medio		CC3 alto	
Categorie di sollecitazione		SC1 statica	SC2 dinamica	SC1 statica	SC2 dinamica	SC1 statica	SC2 dinamica
Categorie di fabbricazione	PC 1 S235, S275	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC3 <sup>a</sup>
	PC 2 ≥ S355	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC4

<sup>a</sup> EXC4 è riservata alle strutture portanti eccezionali oppure alle strutture portanti con elevati danni consequenziali, conformemente alle norme nazionali

#### Definizione delle classi di conseguenze: (CC Consequences Class).

Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gradinate di impianti sportivi</li> <li>Edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (es. sale da concerti)</li> <li>Ponti Ferroviari</li> <li>etc...</li> </ul>
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edifici residenziali e per uffici</li> <li>Edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (es. edificio di uffici)</li> <li>Edifici industriali</li> </ul>
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (es. serre)</li> <li>Magazzini per sostanze non pericolose e nei quali l'accesso del personale sia assolutamente limitato</li> </ul>
CC1=BASSA CC2=STANDARD CC3=ALTA		

#### Definizione delle classi di servizio: (SC Service Categories).

Categoria	Parametri
SC1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strutture e componenti progettati soltanto per azioni quasi statiche</li> <li>Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per l'azione sismica in regioni con bassa sismicità e classe di duttilità DCL</li> <li>Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da carroponti/gru meccanici (classe S<sub>0</sub>)</li> </ul>
SC2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993 (es. ponti stradali e ferroviari, gru, carriponte classi da S<sub>1</sub> a S<sub>9</sub>)</li> <li>Strutture suscettibili a vibrazione da vento, folia o macchinari in rotazione</li> <li>Strutture e componenti progettati per l'azione sismica in regioni con media o alta sismicità ed in classe di duttilità DCM o DCH</li> </ul>

DCL, DCM, DCH: classi di duttilità in accordo alla EN 1998-1 (eurocodice-8)

SC1= carico statico SC2=sollecitazione a fatica

#### Definizione della categoria di produzione: (PC Production Categories).

Categoria	Parametri
PC1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Componenti non saldati fabbricati con qualsiasi classe di acciaio</li> <li>componenti saldati fabbricati con classe di acciaio inferiore all S355 (≠S275max)</li> </ul>
PC2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Componenti saldati fabbricati con classe di acciaio uguale o superiore alla S355</li> <li>Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati in situ mediante saldatura</li> <li>componenti prodotti a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la produzione</li> </ul>
PC1<S355(≠S275) PC2=S355	

Figura 3-2. Determinazione della classe di esecuzione



## 4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le strutture in oggetto, collocate ai margini della carreggiata stradale/autostradale, sono destinate a sorreggere cartelli di indicazione stradale di varia metratura, come riepilogato nella tabella seguente, che associa a ciascuna tipologia le rispettive caratteristiche geometriche.

Tipologia monopalo	Sub (-)	GEOMETRIA TARGA			
		A (m)	B (m)	C (m)	e_GEOM (m)
A	1	2.500	3.600	1.800	-0.950
A	2	3.000	2.000	1.000	-0.950
A	3	3.000	2.250	1.125	-0.950
A	4	3.000	2.750	1.375	-0.950
A	5	3.500	2.750	1.375	-0.950
A	6	4.000	2.500	1.250	-0.950
B	1	3.000	3.500	1.750	-0.950
B	2	3.000	4.250	2.125	-0.950
C	1	4.500	4.000	2.000	-0.950

Tabella 4-1 - Tipologie monopalo.

Dove le dimensioni geometriche riassunte hanno il seguente significato:

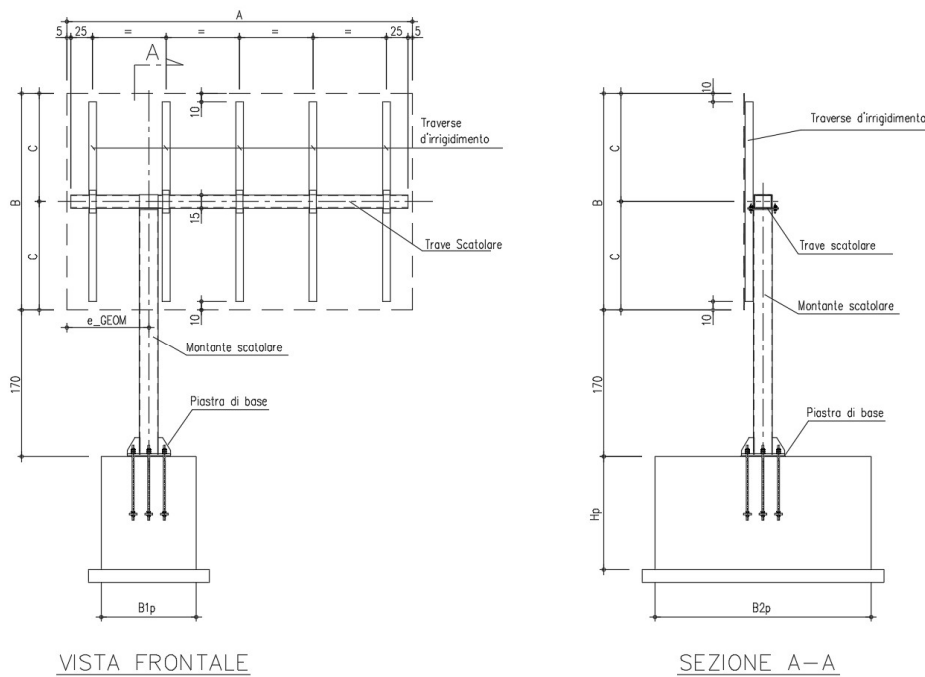


Figura 4-1. Schema indicativo dell'installazione

Le strutture in questione si compongono di un montante installato su di un dado di fondazione in c.a. e ad esso fissato mediante piastra con tirafondi, alla cui sommità viene fissata una traversa, di analoghe caratteristiche, su cui trovano posto gli organi di fissaggio del pannello di indicazione, costituiti da elementi tubolari. Il pannello metallico, di alluminio, è collegato ai tubolari verticali mediante apposite staffe di supporto. Le membrature principali presentano le seguenti caratteristiche:

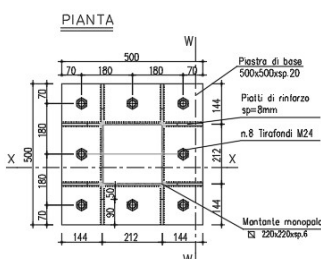


Tipologia monopalo	Sub	GEOMETRIA TARGA				SCATOLARE SBRACCIO			SCATOLARE MONTANTE			GEOMETRIA PLINTO		
		A	B	C	e <sub>GEOM</sub>	bx	bz	t	bx	by	t	B1p	B2p	Hp
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
A	1	2.500	3.600	1.800	-0.950	0.200	0.150	0.006	0.220	0.220	0.006	1.100	2.500	1.300
A	2	3.000	2.000	1.000	-0.950	0.200	0.150	0.006	0.220	0.220	0.006	1.100	2.500	1.300
A	3	3.000	2.250	1.125	-0.950	0.200	0.150	0.006	0.220	0.220	0.006	1.100	2.500	1.300
A	4	3.000	2.750	1.375	-0.950	0.200	0.150	0.006	0.220	0.220	0.006	1.100	2.500	1.300
A	5	3.500	2.750	1.375	-0.950	0.200	0.150	0.006	0.220	0.220	0.006	1.100	2.500	1.300
A	6	4.000	2.500	1.250	-0.950	0.200	0.150	0.006	0.220	0.220	0.006	1.100	2.500	1.300
B	1	3.000	3.500	1.750	-0.950	0.300	0.150	0.006	0.300	0.300	0.006	1.200	2.900	1.500
B	2	3.000	4.250	2.125	-0.950	0.300	0.150	0.006	0.300	0.300	0.006	1.200	2.900	1.500
C	1	4.500	4.000	2.000	-0.950	0.300	0.150	0.006	0.300	0.300	0.008	1.300	3.100	1.700
C	1	4.000	4.500	2.250	-0.950	0.300	0.150	0.006	0.300	0.300	0.008	1.600	3.300	1.700

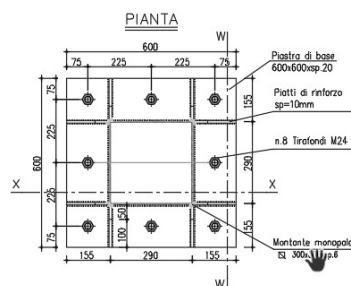
Tabella 4-2. Dimensione e spessori strutturali

Il montante è fissato alla fondazione mediante n. 8 tirafondi, classe 8.8, attraverso una piastra nervata di spessore 20-25 mm. In figura si riportano le caratteristiche dell'ancoraggio alla fondazione.

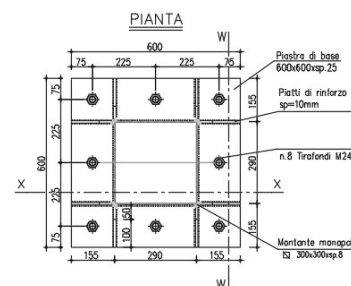
ANCORAGGIO  
MONOPALO TIPO "A"  
Rapp. 1:10



ANCORAGGIO  
MONOPALO TIPO "B"  
Rapp. 1:10



ANCORAGGIO  
MONOPALO TIPO "C"  
Rapp. 1:10



SEZIONE X-X

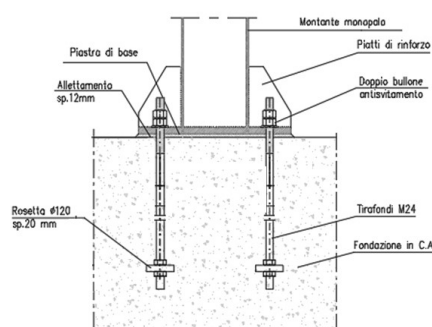


Figura 4-2. Caratteristiche dell'ancoraggio alla fondazione

Per le fondazioni si prevede l'adozione di tre principali tipologie, riportate negli schemi seguenti, ognuna delle quali associata ad una delle tre macro-famiglie di monopalo (Tipo A, Tipo B, Tipo C).



CARPENTERIA FONDAZIONE MONOPALO TIPO A 250X110X130

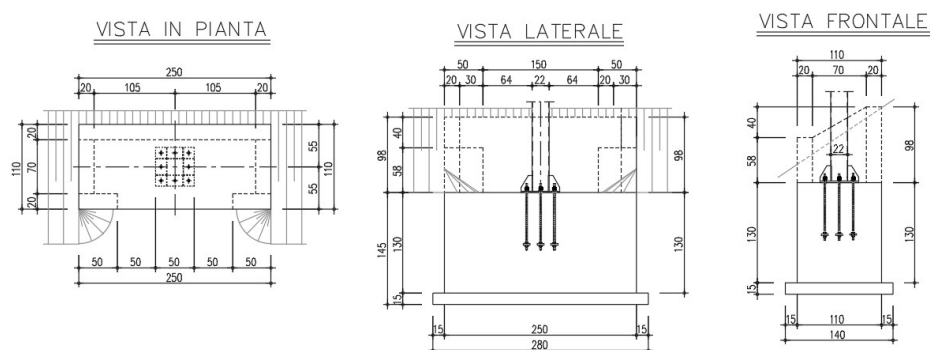


Figura 4-3. Tipologia della fondazione prevista per il monopalo di tipo A

CARPENTERIA FONDAZIONE MONOPALO TIPO B 290X120X150

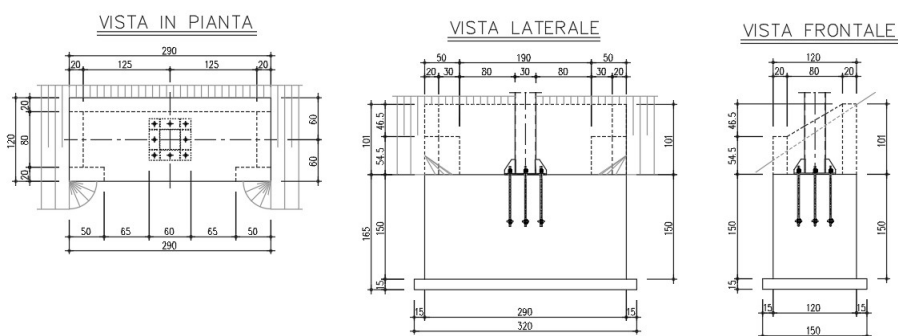


Figura 4-4. Tipologia della fondazione prevista per il monopalo di tipo B

CARPENTERIA FONDAZIONE MONOPALO TIPO C 330X160X170

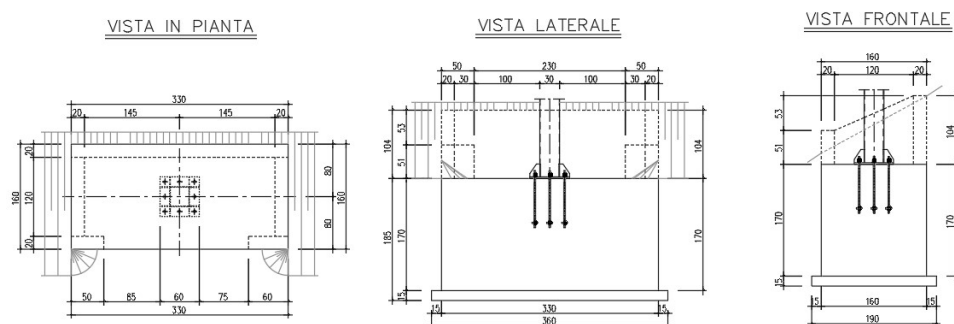


Figura 4-5. Tipologia della fondazione prevista per il monopalo di tipo C



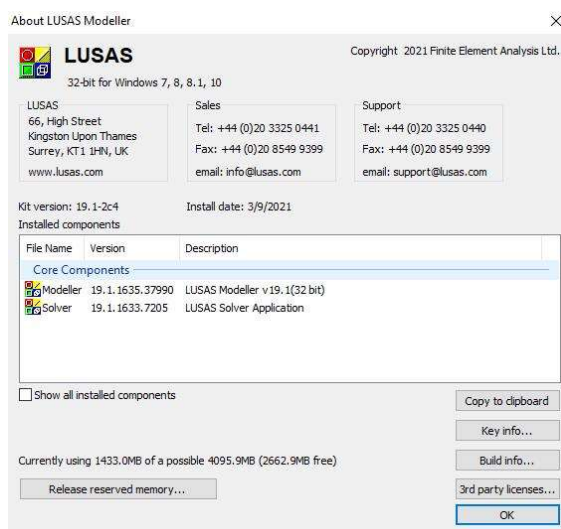
## 5 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi della struttura è stata condotta utilizzando diversi software:

- Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato mediante una procedura implementata in un foglio elettronico, che, a partire dalle specifiche dimensioni di cartellonistica e di dispositivo (A, B o C) procede al calcolo automatico delle sollecitazioni insistenti nelle membrature metalliche ed a base piastra di ancoraggio.
- La determinazione dei modi di vibrare della struttura, l'analisi di buckling e la valutazione delle deformazioni sono state effettuate con il pacchetto software denominato "LUSAS".
- La determinazione dell'azione massima sui tirafondi è stata condotta con il programma "VCA-SLU".

### 5.1 LUSAS®

L'analisi della struttura nelle varie fasi è condotta applicando il metodo degli elementi finiti; a tale fine, si adotta il pacchetto software denominato "LUSAS – rel. 19.1", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma Windows XP Professional.



Il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base ed all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti in campo lineare e non lineare. Lo stesso solutore è impiegato per le analisi effettuate con riferimento allo studio della fase sismica.

La verifica delle membrature viene effettuata mediante apposite routines sviluppate sul medesimo ambiente.

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft® Office Excel 365**.

### 5.2 MICROSOFT OFFICE EXCEL®

In generale, fogli elettronici in **Microsoft Office Excel 2019** sono stati opportunamente sviluppati per l'elaborazione dei dati di input/output.

### 5.3 VCA SLU®

Per le verifiche delle sezioni in c.a. si adotta il programma "VCA-SLU" sviluppato ver. 7.7 del 30 Agosto 2011, sviluppato dal Prof. Piero Gelfi.



Sezione generica in C.A. e C.A.P.  
**VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE**  
 Stato Limite Ultimo  
 Metodo n  
**Progetto a flessione e taglio di sezione rettangolare**  
**Progetto pilastri in zona sismica**  
 Il modulo Progetto Sezione Rettangolare è stato sviluppato  
 nella tesi di laurea dell'Ing. Davide Pari (2001)  
 Il modulo Sismica è stato parzialmente sviluppato nella tesi  
 di laurea degli Ingg. Alberto Antonini e Giovanni Tanghetti  
 (2006)  
 by Prof. Piero Gelfi  
 VERSIONE 7.7 - 30 agosto 2011  
 Free distribution - Vietata la vendita

OK



## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In riferimento alle caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno si faccia riferimento agli elaborati specialistici.



## 7 CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELLE AZIONI

### 7.1 CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 [NTC18], i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Per l'analisi strutturale, volta alla valutazione degli effetti delle azioni sia per gli stati limiti di esercizio [SLE] sia per gli stati limiti ultimi [SLU], si adotta il metodo dell'analisi elastica lineare.

Le unità di misura adottate sono i m per le lunghezze, kN e m per le forze e le sollecitazioni, i N e mm per le tensioni ( $\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$ )

### 7.2 ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Si elencano qui di seguito le azioni significative, considerate agenti sulle strutture ai fini del loro dimensionamento.

- $G_1$  Peso proprio della struttura
- $Q_w$  Vento
- $DT_u$  Termica uniforme
- $E$  Sisma

Trattandosi di strutture poste in prossimità dell'asse viario, risulta essere necessario considerare l'azione eccezionale d'urto di un veicolo in svio.

Per minimizzare il rischio di impatto di veicoli contro il montante della struttura, è prevista la disposizione di idonee barriere di sicurezza a bordo carreggiata ad un'adeguata distanza dalla struttura.

Per quanto esposto precedentemente, l'azione eccezionale d'urto contro la struttura da parte di veicoli, viene trascurata.

### 7.3 PESI PROPRI ( $G_1$ )

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri della carpenteria metallica, della cartellonistica e della fondazione.

Si considerano i seguenti contributi:

- Peso membrature metalliche acciaio <sup>(1)</sup>  
Valutato con riferimento a  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Peso cartellonistica (targa in alluminio) <sup>(2)</sup>  
Valutato con riferimento a  $\gamma_a = 27 \text{ kN/m}^3$
- Peso della fondazione in calcestruzzo armato  
Valutato con riferimento a  $\gamma_{CA} = 25 \text{ kN/m}^3$

### 7.4 AZIONE DEL VENTO ( $Q_w$ )

Per la determinazione degli effetti del vento si è fatto riferimento a quanto riportato al paragrafo 3.3 delle NTC2018 ed alle indicazioni dell'EN 1991-1-4 relativo alle azioni del vento sulle insegne e sui profili di elementi in carpenteria metallica.

In dettaglio, le aree geografiche del territorio italiano interessate da progetti di potenziamento/rinnovo della struttura autostradale e, quindi, potenziali siti di impiego delle strutture di segnaletica, sono individuabili in:

<sup>1</sup> Per i tubolari di sostegno si ipotizza la presenza di n. 1 tubolare  $\varnothing 90 \text{ t } 4 \text{ mm} + 5 \%$  per conteggio forfetario del peso degli elementi di ancoraggio.

<sup>2</sup> Si considera l'effettiva superficie del cartello, applicando forfetariamente un incremento del 5 % per il conteggio dei vari organi di attacco.



Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Lazio e con un periodo di ritorno pari a 50 anni. Le analisi e le verifiche condotte nel seguito sono da ritenersi valide per strutture da posizionarsi in siti nei quali, per collocazione geografica, caratterizzazione topografica e di sviluppo urbanistico, le sollecitazioni del vento siano al più equivalenti a quelle dichiarate di seguito:

- Zona geografica 3
- Altitudine 450 m s.l.m
- Classe di rugosità D
- Categoria di esposizione II

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

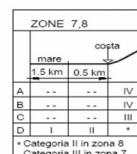
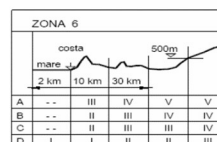
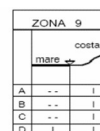
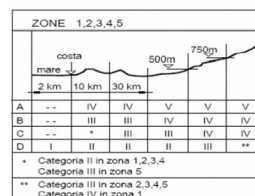
Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$K_t$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).



Per quanto riguarda l'azione del vento sul cartello si assume un coefficiente di pressione pari a 1.8 (ref. §7.4.3 della UNI EN 1991-1-4:2005). Ai fini delle analisi a seguire, si considera inoltre un'eccentricità non intenzionale della risultante delle azioni del vento, pari al 25% della dimensione orizzontale del pannello (cfr. EN 1991-1-4).

Per quanto riguarda l'azione del vento sul montante verticale si assume un coefficiente di pressione pari a 2.1 (ref. §7.6 della UNI EN 1991-1-4:2005).

I parametri di base e la valutazione delle pressioni insistenti sul pannello vengono valutate per una quota del baricentro pannello da p.c. < 4 m, risultando per ciascuna tipologia tale valore mai superato.

Per il calcolo del coefficiente " $c_{sCd}$ ", si è ricorsi alla valutazione della prima frequenza propria della struttura nella direzione del vento e si è determinata la massa generalizzata. In relazione alla numerosità delle strutture in analisi (sei del Tipo A, due del Tipo B e una del tipo C), si sono implementate preliminarmente due analisi modali su due strutture significative in termini di inviluppo dei risultati e si è ottenuto quanto segue:

- Le frequenze registrate sono circa pari a 5.20 Hz.
- Le masse generalizzate assumono i valori  $m_G = 98$  kg/m;  $m_G = 147$  kg/m rispettivamente.



Ne discende che il valore assunto dal parametro  $c_{sCd}$  è  $< 0.95$  in entrambi i casi. A favore di sicurezza è stato assunto pari ad 1.

Elemento	-	Pannello	Montante
Zona	-	3	3
Altitudine	m s.l.m.	450	450
Cl. di rugosità¹	-	D	D
Distanza dal mare	km	Dis < 10	Dis < 10
Cat. di esposizione		II	II
Tr	anni	50	50
z	m	3.7	0.85
cr	-	1.00	1.00
vb0	m/s	27	27
a0	m	500	500
ks	-	0.37	0.37
ca		1.00	1.00
vb	m/s	27.00	27.00
vr	m/s	27.00	27.00
qr	N/m²	455.63	455.63
kr	-	0.19	0.19
z0	m	0.05	0.05
zmin	m	4	4
ct	-	1.00	1.00
cd	-	1.00	1.00
ce	-	1.801	1.801
cf	-	1.80	2.10
p	kN/m2	1.48	1.72

Scale: 1-20,000  
Zoom: 100.0  
tvc: (-0.57726, -0.57726, 0.57726)  
Diagnostic: analyze  
Analyze: Analyze 1  
Loadcase: 210kda: 210kda: 1  
Results: Mr: 210kda: 210kda: 1  
Frequency: 0.007473  
Natural frequency: 0.24775  
Error norm: 28.31666-12  
Maximum displacement: 0.002441 at each: 20



Primo modo di vibrare, Monopalo A6, 5.25Hz

Scale: 1/25 3629  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.57736, -0.57735, 0.57735)  
Eigenvalues analysis  
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 2/Node, Eigenvalue 1  
Results file: Wpmp0301Node-Analyses 1.mpl  
Eigenvalue: 1.07940E3  
Natural frequency: 5.22405  
Error norm: 12.6/226-12  
Maximum displacement: 0.0676676 at node



*Primo modo di vibrare, Monopalo C1, 5.22Hz*

In conclusione, i monopali tipologici possono essere utilizzati in tutte quelle aree geografiche nelle quali risulti una pressione del vento massima agente sulla cartellonistica di intensità inferiore a  $f_{w,d} = 1.50 \text{ N/m}^2$  (zone evidenziate in giallo nella cartina geografica sopra riportata). Rimangono escluse le zone: 4, 5, 6, 8, 9.

**NOTA BENE:** Per il progetto in esame, i Monopali tipologici saranno installati **lungo l'autostrada A14 nell'ambito del progetto delle opere compensative di Pesaro Nuovo Svincolo Pesaro Sud**. Con riferimento allo specifico sito di progetto, il calcolo della pressione del vento sulla cartellonistica, come di seguito mostrato, porta a definire una pressione di picco  $f_{w,d} = 1.XX \text{ kN/m}^2 < f_{w,d} = 1.50 \text{ N/m}^2$  e pertanto la loro installazione è ammissibile.

La tabella seguente riporta il calcolo della massima pressione del vento sul cartello e sul montante in relazione all'effettivo lugo di installazione.



Elemento	-	Pannello	Montante
Zona	-	3	3
Altitudine	m s.l.m.	450	450
Cl. di rugosità'	-	D	D
Distanza dal mare	km	Dis < 10	Dis < 10
Cat. di esposizione		II	II
Tr	anni	50	50
z	m	3.7	0.85
cr	-	1.00	1.00
vb0	m/s	27	27
a0	m	500	500
ks	-	0.37	0.37
ca		1.00	1.00
vb	m/s	27.00	27.00
vr	m/s	27.00	27.00
qr	N/m <sup>2</sup>	455.63	455.63
kr	-	0.19	0.19
z0	m	0.05	0.05
zmin	m	4	4
ct	-	1.00	1.00
cd	-	1.00	1.00
ce	-	1.801	1.801
cf	-	1.80	2.10
p	kN/m2	1.48	1.72

## 7.5 TEMPERATURA (DTU)

La differenza di temperatura viene omessa dalle analisi seguenti in quanto, in relazione alla struttura del portale, avente schema di vincolo isostatico, non ne conseguono sollecitazioni significative ai fini del dimensionamento strutturale.

## 7.6 AZIONE SISMICA (E)

Le azioni sismiche insistenti sull'installazione e trasmesse al plinto di fondazione sono scarsamente significative. Infatti, la massa media della parte in elevazione risulta in generale non superiore a 2000 kg. L'azione tagliente da vento risulta in generale del medesimo ordine di grandezza del peso della struttura, attestandosi su di un valore medio di 14kN. È immediato, pertanto, constatare che le azioni sismiche orizzontali non potranno in generale mai essere paragonabili alle azioni orizzontali d'esercizio.



## 8 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini della valutazione delle sollecitazioni lungo la struttura, si utilizzano i coefficienti di combinazione di seguito indicati. Per le combinazioni e gli approcci relativi alle azioni in fondazione, si rimanda allo specifico capitolo.

*Tabella 8-1. Coefficienti di combinazione - EQU*

Combinazione	$G_k$	Vento
EQU	0.9	1.50

Per la verifica strutturale e geotecnica delle fondazioni:

*Tabella 8-2. Coefficienti di combinazione – SLU A1*

Combinazione	$G_k$	Vento
SLU A1	1 / 1.3	1.50

*Tabella 8-3. Coefficienti di combinazione – SLE caratteristica*

Combinazione	$G_k$	Vento
SLE- rara	1.0	1.0

*Tabella 8-4. Coefficienti di combinazione – SLE frequente*

Combinazione	$G_k$	Vento
SLE- rara	1.0	0.6

*Tabella 8-5. Coefficienti di combinazione – SLE quasi permanente*

Combinazione	$G_k$	Vento
SLE- rara	1.0	0.0



## 9 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

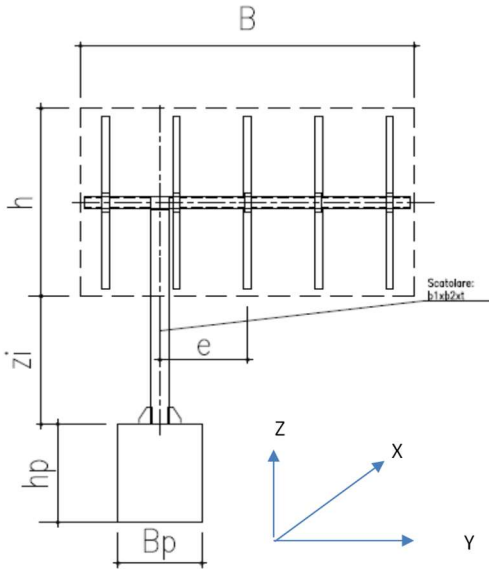
Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato mediante un foglio elettronico che elabora i parametri di base dell'installazione, fino a fornire le sollecitazioni lungo le membrature principali in corrispondenza della sezione di attacco della mensola orizzontale (Sezione A), della sezione di sommità del montante metallico (sezione B) e allo spiccato della colonna (Sezione C). Si restituiscono inoltre le sollecitazioni agenti ad intradosso fondazione.

Si evidenzia che, a favore di sicurezza, al fine di non indurre effetti "favorevoli", il calcolo delle azioni in fondazione viene effettuato considerando l'eccentricità della sagoma del pannello "positiva"; ovvero concorde con il verso delle azioni indotte dal terreno sul plinto.

Il calcolo delle sollecitazioni lungo le membrature in acciaio e sottopiastra viene effettuato con riferimento alle effettive eccentricità.

Per chiarezza, si esplicita nel seguito a titolo esemplificativo l'intero calcolo effettuato per il monopalo Tipo A1. Nella successiva tabella riepilogativa si riassumono i risultati delle analisi relative alle tre tipologie di monopalo e alle rispettive 6 + 2 + 1 sottofamiglie.

Le tabelle seguenti riepilogano le sollecitazioni complessive rilevate ad intradosso fondazione, per i singoli contributi caratteristici e per le combinazioni di interesse, per ciascuna delle installazioni analizzate.

Calcolo Sollecitazioni e Azioni in fondazione - pannelli SGN Monopalo			
Tipo	A	1	
Sub.	1		
Caratteristiche dell'installazione (cfr. schema di riferimento)			
Localizzazione			
Cat. Sito	II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)		
Zona	3 1-2-3-4-5-6-7-8-9		
a <sub>s</sub>	450 m - quota sito		
Targa			
Larghezza (B)	2.5 m		
Altezza (h)	3.6 m		
Eccentricità geometrica (e)	0.3 m		
Eccentricità vento (e) *	0.925 m		
quota da p.c. (zi)	1.7 m		
Struttura di sostegno			
Montante			
bx	220 mm		
by	220 mm		
t	6 mm		
h <sub>MONT</sub>	3.5 m		
traversa			
bx	200 mm		
bz	150 mm		
t	6 mm		
l	2.5 m		
fondazione			
bp	1.1 m		
lp	2.5 m		
hp	1.3 m		
Pesi calcolati			
targa	0.77 kN	Alluminio spessore 3 mm (g 27 kN/mc) + 5 % forf. Tubolari phi 90 sp 4 mm passo 500 mm + 5 % forf. Profilo Quadro, dim. 220 x 220 x 6 mm Profilo Quadro, dim. 200 x 150 x 6 mm Plinto cls, dim. 1.1 x 2.5 x 1.3 m	
sostegni targa	1.60 kN		
montante	1.41 kN		
traversa	0.80 kN		
fondazione	89.38 kN		
* Si assume una eccentricità accidentale aggiuntiva pari a B/4 per il centro delle pressioni del vento			



Sollecitazioni di verifica della mensola - sezione di attacco (kN e kNm)								
Sollecitazioni per i singoli valori caratteristici								
Si considera la sezione trasversale dello sbraccio in corrispondenza all'intersezione tra gli assi del montante e dello sbraccio spesso								
	N	Tx	Tz	Mx	My	Mz		
gk1, installazione	0.00	0.00	1.96	1.52	0.00	0.00		
fw	0.00	8.37	0.00	0.00	0.00	12.49		
Sollecitazioni le varie combinazioni di carico								
	N	Tx	Tz	Mx	My	Mz		
S.L.U. A1	0.00	12.56	2.55	1.98	0.00	18.73		
S.L.E. caratteristica	0.00	8.37	1.96	1.52	0.00	12.49		
S.L.E. frequente	0.00	1.67	1.96	1.52	0.00	2.50		
S.L.E. quasi permanente	0.00	0.00	1.96	1.52	0.00	0.00		
Sollecitazioni sommità montante (kN e kNm)								
Sollecitazioni per i singoli valori caratteristici								
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz		
gk1, installazione	-3.16	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00		
fw	0.00	13.50	0.00	0.00	0	12.49		
Sollecitazioni le varie combinazioni di carico								
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz		
S.L.U. A1	-4.11	20.25	0.00	1.23	0.00	18.73		
S.L.E. caratteristica	-3.16	13.50	0.00	0.95	0.00	12.49		
S.L.E. frequente	-3.16	2.70	0.00	0.95	0.00	2.50		
S.L.E. quasi permanente	-3.16	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00		
Sollecitazioni base montante (kN e kNm)								
Sollecitazioni per i singoli valori caratteristici								
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz		
gk1, installazione	-4.57	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00		
fw	0.00	14.06	0.00	0.00	47.25	12.49		
Sollecitazioni le varie combinazioni di carico								
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz		
S.L.U. A1	-5.95	21.09	0.00	1.23	70.88	18.73		
S.L.E. caratteristica	-4.57	14.06	0.00	0.95	47.25	12.49		
S.L.E. frequente	-4.57	2.81	0.00	0.95	9.45	2.50		
S.L.E. quasi permanente	-4.57	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00		
Sollecitazioni fondazione (kN e kNm)								
Sollecitazioni per i singoli valori caratteristici								
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz		
gk1, installazione	-4.57	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00		
gk1, plinto	-89.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
fw	0.00	14.06	0.00	0.00	64.8	12.49		
Sollecitazioni per le varie combinazioni di carico								
	ex	ey	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz
S.L.U. A1	0.80	0.01	-122.13	21.09	0.00	1.23	97.20	18.73
S.L.E. caratteri:	0.69	0.01	-93.95	14.06	0.00	0.95	64.80	12.49
S.L.E. frequent:	0.14	0.01	-93.95	2.81	0.00	0.95	12.96	2.50
S.L.E. quasi pe	0.00	0.01	-93.95	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
Nota: allo S.L.U. A1 le azioni dovute a gk1 sono valutate direttamente con coefficiente 1.3 (max az. assiale)								



## 9.1 SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA METALLICA

Di seguito la tabella riassuntiva con le sollecitazioni nella combinazione SLU, utilizzate per la verifica strutturale del portale:

		GEOMETRIA DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE			SEZIONE DI ATTACCO DELLA MENSOLA					
		SCATOLARE SBRACCIO			SEZIONE A					
Tipo	Sub	bx	bz	t	N	Tx	Tz	Mx	My	Mz
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
A	1	0.200	0.150	0.006	0.00	12.56	2.55	1.98	0.00	18.73
A	2	0.200	0.150	0.006	0.00	9.23	2.25	2.31	0.00	17.55
A	3	0.200	0.150	0.006	0.00	10.38	2.43	2.49	0.00	19.74
A	4	0.200	0.150	0.006	0.00	12.68	2.78	2.85	0.00	24.13
A	5	0.200	0.150	0.006	0.00	15.78	3.45	4.40	0.00	36.27
A	6	0.200	0.150	0.006	0.00	17.16	3.87	5.90	0.00	46.13
B	1	0.300	0.150	0.006	0.00	16.14	3.55	3.64	0.00	30.71
B	2	0.300	0.150	0.006	0.00	19.60	4.08	4.18	0.00	37.29
C	1	0.300	0.150	0.006	0.00	31.95	6.76	12.00	0.00	98.21

		GEOMETRIA DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE			SEZIONE DI SOMMITA' DELLA COLONNA					
		SCATOLARE MONTANTE			SEZIONE B					
Tipo	Sub	bx	by	t	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
A	1	0.220	0.220	0.006	-4.11	20.25	0.00	1.23	0.00	18.73
A	2	0.220	0.220	0.006	-3.29	13.50	0.00	1.81	0.00	17.55
A	3	0.220	0.220	0.006	-3.55	15.19	0.00	1.95	0.00	19.74
A	4	0.220	0.220	0.006	-4.06	18.56	0.00	2.23	0.00	24.13
A	5	0.220	0.220	0.006	-4.74	21.66	0.00	3.79	0.00	36.27
A	6	0.220	0.220	0.006	-5.08	22.50	0.00	5.33	0.00	46.13
B	1	0.300	0.300	0.006	-5.20	23.63	0.00	2.86	0.00	30.71
B	2	0.300	0.300	0.006	-5.97	28.69	0.00	3.28	0.00	37.29
C	1	0.300	0.300	0.008	-8.57	40.50	0.00	11.14	0.00	98.21

		GEOMETRIA DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE			SEZIONE DI BASE DELLA COLONNA					
		SCATOLARE MONTANTE			SEZIONE C					
Tipo	Sub	bx	by	t	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
A	1	0.220	0.220	0.006	-5.95	21.09	0.00	1.23	70.88	18.73
A	2	0.220	0.220	0.006	-4.71	14.34	0.00	1.81	36.45	17.55
A	3	0.220	0.220	0.006	-5.03	16.03	0.00	1.95	42.90	19.74
A	4	0.220	0.220	0.006	-5.68	19.40	0.00	2.23	57.08	24.13
A	5	0.220	0.220	0.006	-6.35	22.50	0.00	3.79	66.59	36.27
A	6	0.220	0.220	0.006	-6.62	23.34	0.00	5.33	66.38	46.13
B	1	0.300	0.300	0.006	-7.68	24.77	0.00	2.86	81.51	30.71
B	2	0.300	0.300	0.006	-8.72	29.84	0.00	3.28	109.73	37.29
C	1	0.300	0.300	0.008	-12.10	41.65	0.00	11.14	149.85	98.21



## 9.2 SOLLECITAZIONI AGENTI AD INTRADOSSO FONDAZIONE

Di seguito la tabella riassuntiva delle azioni in fondazione valida per plinti in rilevato.

	Azioni in fondazione - Portale A 1					
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-122.13	21.09	0.00	1.23	97.20	18.73
S.L.E. caratteristica	-93.95	14.06	0.00	0.95	64.80	12.49
S.L.E. frequente	-93.95	2.81	0.00	0.95	12.96	2.50
S.L.E. quasi permanente	-93.95	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00

	Azioni in fondazione - Portale A 2					
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-120.90	14.34	0.00	1.81	54.00	17.55
S.L.E. caratteristica	-93.00	9.56	0.00	1.39	36.00	11.70
S.L.E. frequente	-93.00	1.91	0.00	1.39	7.20	2.34
S.L.E. quasi permanente	-93.00	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00

	Azioni in fondazione - Portale A 3					
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-121.22	16.03	0.00	1.95	62.65	19.74
S.L.E. caratteristica	-93.25	10.69	0.00	1.50	41.77	13.16
S.L.E. frequente	-93.25	2.14	0.00	1.50	8.35	2.63
S.L.E. quasi permanente	-93.25	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00

	Azioni in fondazione - Portale A 4					
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-121.86	19.40	0.00	2.23	81.21	24.13
S.L.E. caratteristica	-93.74	12.94	0.00	1.72	54.14	16.09
S.L.E. frequente	-93.74	2.59	0.00	1.72	10.83	3.22
S.L.E. quasi permanente	-93.74	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00

	Azioni in fondazione - Portale A 5					
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-122.54	22.50	0.00	3.79	94.75	36.27
S.L.E. caratteristica	-94.26	15.00	0.00	2.92	63.16	24.18
S.L.E. frequente	-94.26	3.00	0.00	2.92	12.63	4.84
S.L.E. quasi permanente	-94.26	0.00	0.00	2.92	0.00	0.00

	Azioni in fondazione - Portale A 6					
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-122.81	23.34	0.00	5.33	95.63	46.13
S.L.E. caratteristica	-94.47	15.56	0.00	4.10	63.75	30.75
S.L.E. frequente	-94.47	3.11	0.00	4.10	12.75	6.15
S.L.E. quasi permanente	-94.47	0.00	0.00	4.10	0.00	0.00



Azioni in fondazione - Portale B 1						
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-177.33	24.77	0.00	2.86	116.94	30.71
S.L.E. caratteristica	-136.41	16.52	0.00	2.20	77.96	20.48
S.L.E. frequente	-136.41	3.30	0.00	2.20	15.59	4.10
S.L.E. quasi permanente	-136.41	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00

Azioni in fondazione - Portale B 2						
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-178.37	29.84	0.00	3.28	152.76	37.29
S.L.E. caratteristica	-137.21	19.89	0.00	2.53	101.84	24.86
S.L.E. frequente	-137.21	3.98	0.00	2.53	20.37	4.97
S.L.E. quasi permanente	-137.21	0.00	0.00	2.53	0.00	0.00

Azioni in fondazione - Portale C 1						
	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
S.L.U. A1	-303.82	41.65	0.00	11.14	218.70	98.21
S.L.E. caratteristica	-233.71	27.77	0.00	8.57	145.80	65.48
S.L.E. frequente	-233.71	5.55	0.00	8.57	29.16	13.10
S.L.E. quasi permanente	-233.71	0.00	0.00	8.57	0.00	0.00



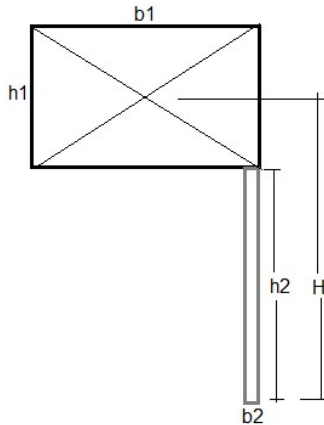
## 10 VALIDAZIONE DEL FOGLIO DI CALCOLO UTILIZZATO PER IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Si riporta di seguito un confronto tra i risultati ottenuti con il foglio di calcolo implementato per il calcolo delle sollecitazioni e quelli ricavati da un semplice conto manuale.

Nello specifico, con riferimento al portale Tipo A1, si decide di considerare la sollecitazione riscontrata in corrispondenza della base del montante dovuta all'azione predominante (vento).

Il massimo valore di momento flettente alla base del montante, dovuto all'azione del vento esercitata sul pannello, vale:

$$M = p \cdot (b1 \cdot h1) \cdot H = 1.50 \cdot (2.50 \cdot 3.60) \cdot 3.50 = 47.25 \text{ KN} \cdot \text{m}$$



Tra il valore calcolato manualmente (47.25 kNm) e il risultato ottenuto con il foglio di calcolo ( $M_y=47.25$  kNm, vedi immagine di seguito riportata) vi è piena corrispondenza.

Sollecitazioni base montante (kN e kNm)						
Sollecitazioni per i singoli valori caratteristici						
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz
gk1, installazione	-4.57	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
fw	0.00	14.06	0.00	0.00	47.25	12.49
Sollecitazioni le varie combinazioni di carico						
	N	Tx	Ty	Mx	My	Mz
S.L.U. A1	-5.95	21.09	0.00	1.23	70.88	18.73
S.L.E. caratteristica	-4.57	14.06	0.00	0.95	47.25	12.49
S.L.E. frequente	-4.57	2.81	0.00	0.95	9.45	2.50
S.L.E. quasi permanente	-4.57	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00



# 11 VERIFICHE STRUTTURALI

## 11.1 VERIFICA DELLE SEZIONI IN CARPENTERIA METALLICA

Le verifiche vengono effettuate con riferimento ai criteri generali contenuti in EN 1991-1-3. Il profilo del montante è considerato in classe 3 o 4 in funzione delle caratteristiche geometriche e dello stato tensionale insistente.

Si terrà pertanto conto, nella verifica per tensioni normali, dell'effetto del local buckling, effettuando le verifiche tensionali con il metodo della sezione ridotta (cfr. EN 1993-1-5).

La tensione di riferimento risulta, previa applicazione di  $\gamma_{m0} = 1.05$ :  $f_{yd} = 338$  MPa.

La sovrapposizione degli effetti di M/N con quelli di V/T verrà effettuata solo in caso di presenza di interazione tra i due fenomeni.

Le verifiche vengono effettuate in automatico, estraendo per la combinazione S.L.U., il massimo rapporto di sfruttamento per tensioni normali e taglianti.

Di seguito si riporta, per tutti i portali, la sintesi delle sollecitazioni di progetto S.L.U. ed il massimo rapporto di sfruttamento rilevato per tensioni normali e taglianti.

A titolo esemplificativo si riporta nel seguito la verifica esplicita della sezione dello sbraccio (Sezione A) del portale tipo A1.

Classe sezione: 3

c = 200 mm

t = 6 mm

$$c/t = 33.3 < \frac{42\varepsilon}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} = 41.81 \quad (\text{Tab. 4.2.III - NTC 2018})$$

$\varepsilon = 0.92$

$\psi = 0.77$

### Verifica Tensionale

(EN 1993-1-1; EN 1993-1-5)

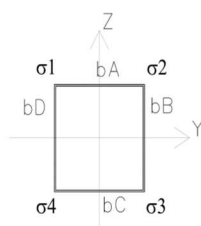
Azioni di verifica agli SLU:

SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:											Coord. G <sub>SEZ_LORDA</sub>	
Tipo	Sezione	L <sub>i</sub> (m)	L <sub>j</sub> (m)	s (m)	A (m <sup>2</sup> )	I <sub>i</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>j</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>V-i</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>V-j</sub> (m <sup>2</sup> )	W <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	W <sub>j</sub> (m <sup>3</sup> )	2*Ω*t (m <sup>3</sup> )	Y <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)
A1	SEZIONE A	0.2	0.15	0.006	0.0041	0.0000	0.0000	0.0024	0.0018	0.0002	0.0002	0.0003	0	0

### SEZIONE A

Assiale (kN)	V <sub>i</sub> (kN)	V <sub>j</sub> (kN)	Torcente (kNm)	M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>j</sub> (kNm)
0.00	12.56	2.55	0.00	1.98	18.73

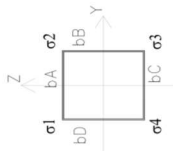
Calcolo delle tensioni sulla sezione lorda (Sezione a spigoli vivi):



Acciaio		
f <sub>yk</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	γ <sub>M0</sub>	γ <sub>M1</sub>
355000	1.05	1.05



Calcolo delle tensioni sulla sezione lorda (Sezione a spigoli vivi).



Acciaio		
f <sub>yk</sub>	f <sub>yk</sub>	f <sub>yk</sub>
(kN/m <sup>2</sup> )	(°)	(°)
355000	1.05	1.05

Traffazione per "Internal compression elements" (EN 1993-1-5; 4.4)

Tensioni di compressione sono positive:

SEZIONE A									
Azioni taglianti e torcenti		Azione assiale		Momento flettente (M <sub>Z</sub> )		Tensioni risultanti:		Tensioni risultanti:	
V <sub>I</sub> - Torcente	M <sub>I</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>
(kN)	(kNm)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
12.56	1.98	0	0	-9831	9831	-89247	89247	-69585	69585
5231	18.73	0	0	-9831	9831	-89247	89247	-69585	69585
5231	18.73	0	0	-9831	9831	-89247	89247	-69585	69585
SEZIONE A - ITERAZIONE N. 03									
Azioni taglianti e torcenti		Azione assiale		Momento flettente (M <sub>Z</sub> )		Tensioni risultanti:		Tensioni risultanti:	
V <sub>I</sub> - Torcente	M <sub>I</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>
(kN)	(kNm)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
12.56	1.98	0	0	-9831	9831	-89247	89247	-69585	69585
5231	18.73	0	0	-9831	9831	-89247	89247	-69585	69585
5231	18.73	0	0	-9831	9831	-89247	89247	-69585	69585

Caratteristica della sezione EFFICACE - Effetto del Local Buckling:

Azione assiale - Momento flettente (MY) - Momento flettente (MZ)									
ψ	κσ	λ <sub>eff</sub>	ρ	b <sub>eff</sub>	ψ	κσ	λ <sub>eff</sub>	ρ	b <sub>eff</sub>
(°)	(°)	(°)	(°)	(m)	(°)	(°)	(°)	(°)	(m)
-1.28255805	31.5622608	0.258	1.000	0.09	0.779892	4.81629	0.511	1.000	0.15
Lunghezza dei lati EFFICACI:									
Azione assiale - Momento flettente (MY) - Momento flettente (MZ)									
(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace	(m) - Efficace
bA - Eff 1	bA - Eff 2	bA - Eff 3	bA - Eff 4	bA - Eff 5	bA - Eff 6	bA - Eff 7	bA - Eff 8	bA - Eff 9	bA - Eff 10
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.165	0.035	0.079	0.071	0.045	0.155	0.075	0.075	0.075	0.150
0.200	0.035	0.079	0.071	0.045	0.155	0.075	0.075	0.075	0.150

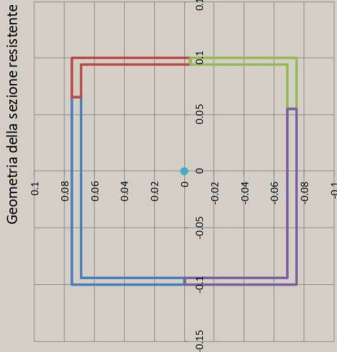
Azioni Sollecitanti Agenti sulla sezione Efficace:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_{t,d}} + \frac{M_{Ed}}{f_{t,d} W_{eff}} + \frac{M_{Ed}}{f_{t,d} W_{eff}} + \frac{N_{Ed}}{f_{t,d}} \leq 1.0 \quad (\text{EN 1993-1-5; 4.6})$$

$M_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$  are the design bending moments with respect to y-y and z-z axes respectively;  
 $e_{Ny}$ ,  $e_{Nz}$  are the eccentricities with respect to the neutral axis.

$\eta_1 = A + B + C$

SEZIONE A				
Azione	V <sub>I</sub>	Torcente	M <sub>I</sub> - Eff	M <sub>I</sub> - Eff
(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
0	13	3	0	19
			0.000	0.029
			0.264	0.235
			0.264	0.235





#### Verifica a Taglio - Torsione:

Sezioni resistenti senza irrigidimenti:  
(EN 1993-1-5; 5)

$\eta$ (-)	$\varepsilon$ (-)	$72\varepsilon/\eta$ (-)	$hw/t$ (-)	$L_y$	$L_z$
1	0.814	59		33	25

La resistenza a taglio si determina come:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (\text{EN 1993-1-5; 5.2})$$

Si trascura la resistenza fornita dalle flange. Si ottiene quindi:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (\text{EN 1993-1-5; 5.2})$$

	$\sigma_x$ (MPa)	$a$ (m)	$k\tau$ (-)	$\tau_{cr}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\lambda_w$ (-)	$\chi(\lambda)$ (-)	$V_{bw,Rd}$ (kN)	(EN 1993-1-5; 5.3 - EN 1993-1-5; Annesso A)
$L_y$	171	100	5.34	913143	0.474	1.000	234	
$L_z$	304	100	5.34	1623363	0.355	1.000	176	

Risultante delle azioni di taglio-Torsione agenti su un singolo lato dello scatolare:  
(Sezione lorda)

	Azioni taglianti e torcenti		Verifiche di resistenza:		Verifica (-)	Interaz. V-M (-)
	$V_i$ - Torcente (kN)	$V_j$ - Torcente (kN)	$V_i$ - Torcente $\eta_3$ (-)	$V_j$ - Torcente $\eta_3$ (-)		
A1 - SEZIONE A	6	1	0.03	0.01	Sez. Verificata	Nessuna Interaz.

Di seguito la tabella riassuntiva coi risultati in termini di coefficienti di sfruttamento  $\eta_1$  e  $\eta_4$  per tutte le sezioni e per le varie tipologie di portale.

Coefficienti di sfruttamento (SLU-A1):			
Tipo Portale (-)	$\eta_1$ (-)	$\eta_3$ (-)	
SEZIONE A	A 1	0.264	0.027
	A 2	0.254	0.020
	A 3	0.284	0.022
	A 4	0.344	0.027
	A 5	0.520	0.034
	A 6	0.665	0.037
	B 1	0.255	0.023
	B 2	0.307	0.028
	C 1	0.819	0.045
SEZIONE B	A 1	0.013	0.214
	A 2	0.018	0.190
	A 3	0.019	0.214
	A 4	0.022	0.261
	A 5	0.036	0.380
	A 6	0.050	0.474
	B 1	0.018	0.185
	B 2	0.020	0.225
	C 1	0.043	0.412
SEZIONE C	A 1	0.634	0.216
	A 2	0.334	0.191
	A 3	0.392	0.215
	A 4	0.518	0.263
	A 5	0.611	0.382
	A 6	0.619	0.475
	B 1	0.440	0.187
	B 2	0.590	0.227
	C 1	0.565	0.413

Le verifiche sono soddisfatte.

## 11.2 ANALISI DI BUCKLING GLOBALE

L'analisi di buckling viene impostata al fine di determinare il moltiplicatore di collasso per instabilità globale della struttura, necessario al completamento delle verifiche strutturali nell'ambito del "metodo generale" proposto da EN 1993.1.1. La mesh degli elementi "beam" di corrente è stata infittita portando a 4 il numero di suddivisioni disposte per ciascun campo individuato da due nodi contigui.



Ai fini dell'analisi di buckling globale si individua lo scenario di carico significativo:

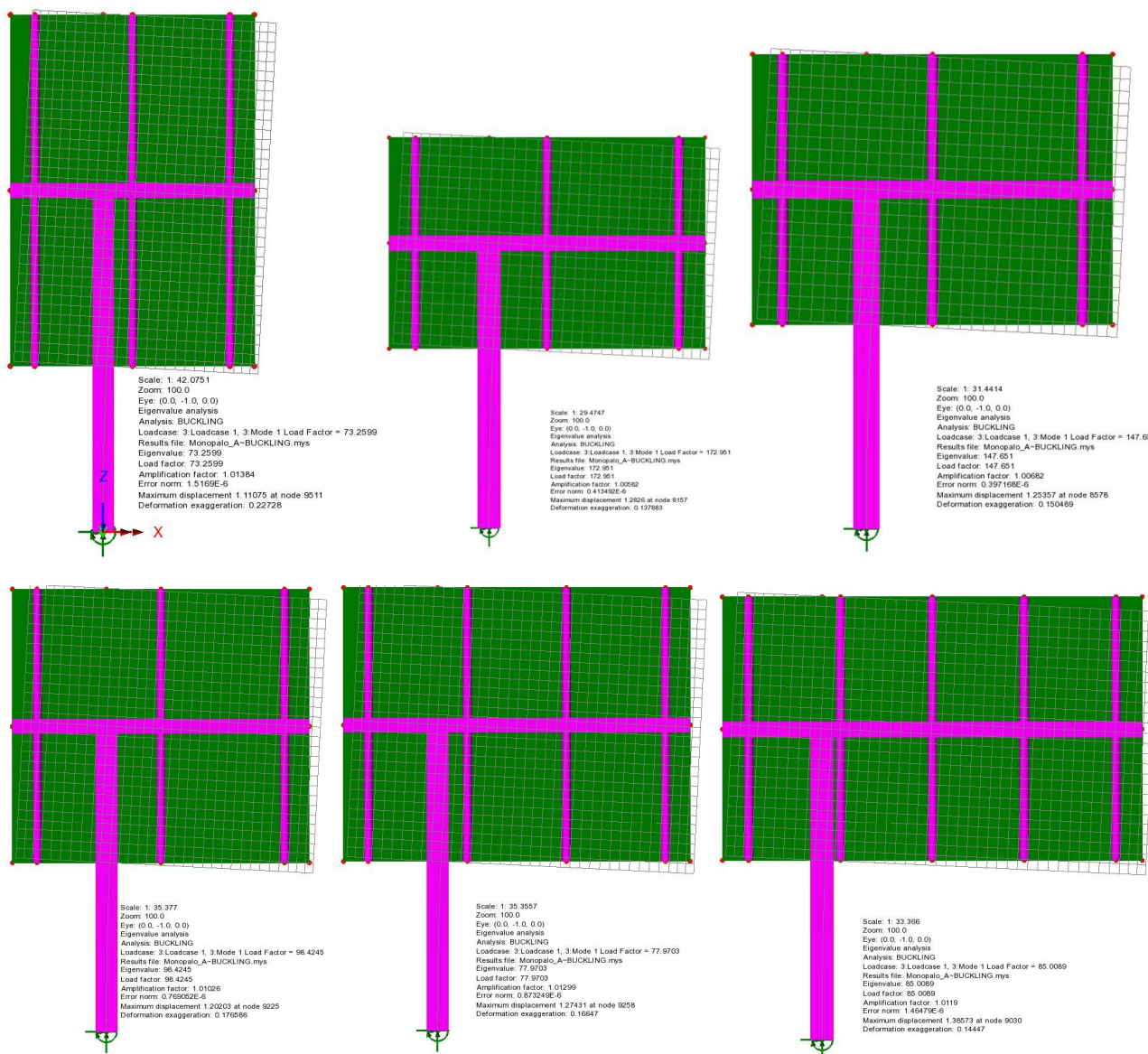
- S.L.U. – Vento dominante

Insieme all'azione di vento si considera il contributo dovuto al peso proprio e permanente implementato con il valore di progetto (val. caratteristico pre-moltiplicato per  $\gamma_{S.L.U.}$ )

Pertanto, i moltiplicatori di carico  $\lambda$  ottenuti dalle analisi, rappresentano il moltiplicatore che, applicato al singolo scenario di carico S.L.U. , genera il collasso per instabilità.

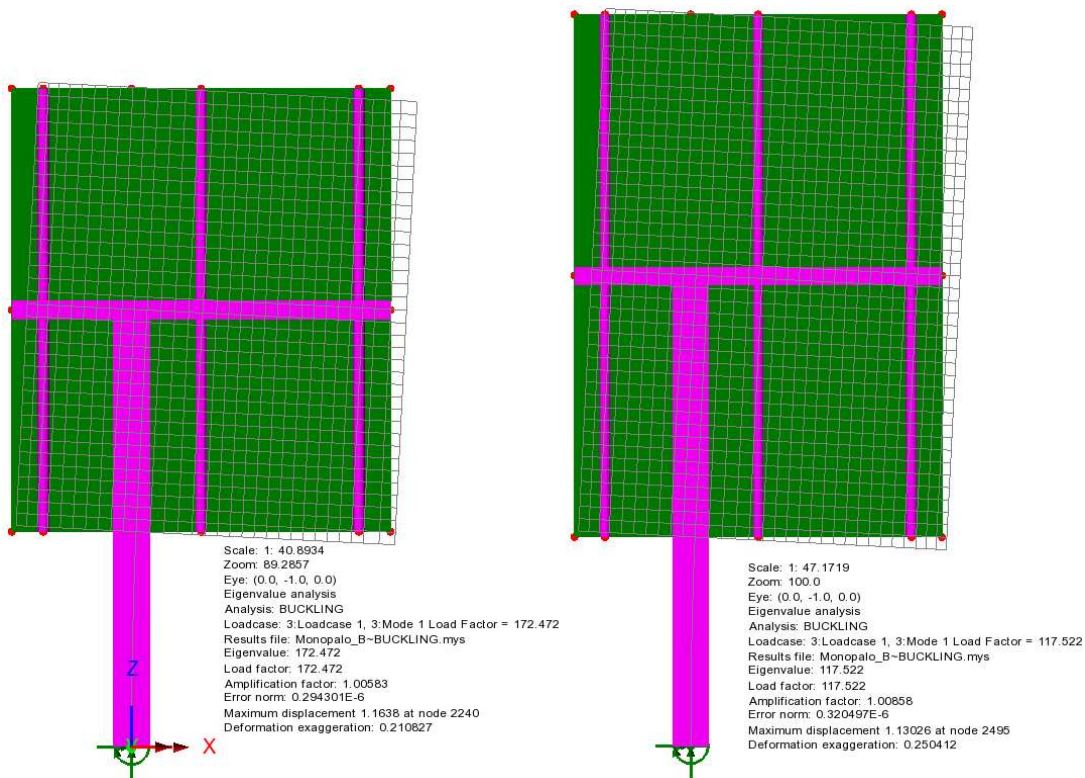
Di seguito si riporta il moltiplicatore minimo ottenuto nell'ambito di ciascuna analisi.

### Portale tipo A - vento ( $\alpha_{cr,min} = 73.2$ )

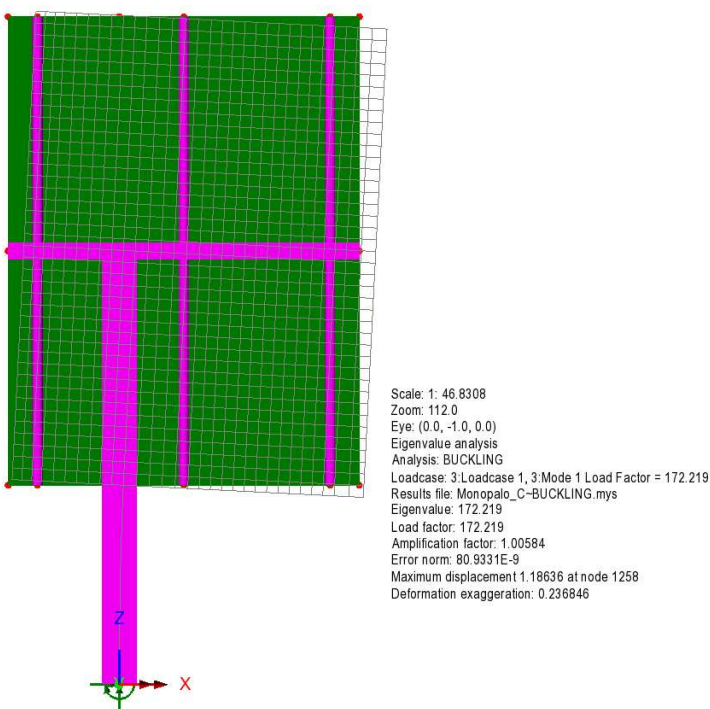




### Portale tipo B - vento ( $\alpha_{cr,min} = 117.5$ )



### Portale tipo C - vento ( $\alpha_{cr} = 172.2$ )



Come si può notare dall'esame delle deformate critiche e dai moltiplicatori di carico ottenuti, particolarmente elevati, le analisi di stabilità globale consentono di ritenere del tutto influenti i fenomeni da esse indotti sulle verifiche. Pertanto, tale effetto verrà trascurato nella deduzione del rapporto di sfruttamento globale ( $F_{cr} \gg F_{Ed}$ , cfr. EN 1993-1-1, 5.2.1.(3)).

Gli effetti del buckling globale della struttura vengono conteggiati secondo i criteri proposti in EN 1993-1-1 – "general method", che rappresenta una generalizzazione dei metodi applicati a livello elementare. Una volta noto il moltiplicatore dei carichi che ingenerano fenomeni di instabilità dell'equilibrio è necessario calcolare per la struttura:



- $\alpha_{ult,k}$ : moltiplicatore dei carichi di progetto che induce in una sezione del sistema sollecitazioni pari alla sua resistenza caratteristica;
- $\alpha_{cr}$ : il minore dei moltiplicatori dei carichi di progetto che produce nell'elemento strutturale o in uno degli elementi del sistema fenomeni di instabilità.

Da tali moltiplicatori è possibile ricavare la snellezza adimensionale:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}}$$

dalla quale si ottiene il fattore di riduzione della resistenza del sistema  $\chi$ :

$$\Phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Tale metodo di analisi è fortemente raccomandato nel caso di strutture speciali e/o caratterizzate da conformazioni strutturali particolarmente complesse.

La verifica complessiva nei confronti dell'instabilità globale della struttura è imposta con la formula seguente:

$$\frac{\chi \cdot \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \geq 1$$

Nel caso specifico si ha:

	$\alpha_{ult,k}$	$\alpha_{cr}$	$\bar{\lambda}$	$\alpha$	$\Phi$	$\chi$	$\frac{\chi \cdot \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}}$	Verifica
PORTALE TIPO A	$\frac{1}{0.63} = 1.58$	73.2	0.15	0.49	0.50	1	1.50	ok
PORTALE TIPO B	$\frac{1}{0.59} = 1.69$	117.5	0.12	0.49	0.50	1	1.60	ok
PORTALE TIPO C	$\frac{1}{0.56} = 1.78$	172.2	0.11	0.49	0.50	1	1.69	ok

Dove:

$\gamma_{M1} = 1.05$

per le verifiche di resistenza all'instabilità delle membrature (NTC2018 Tab. 4.2.V)



### 11.3 VERIFICA DELLE SALDATURE A CORDONE D'ANGOLO

Come anticipato, le saldature di connessione tra gli scatolari a costituire la colonna montante e lo sbraccio orizzontale e le piastre bullonate sono realizzate a cordone d'angolo.

Di seguito si riassumono le verifiche di resistenza in ottemperanza a quanto disposto in NTC 2018.

A favore di sicurezza e per brevità, si considera il solo contributo resistente delle saldature afferenti al perimetro della sezione scatolare, omettendo il contributo dei piatti di irrigidimento.

A titolo esemplificativo si esplicita la verifica in dettaglio condotta per la sezione di sommità del montante.

A seguire si riporta la tabella riassuntiva contenente i risultati di verifica, in termini di maggior coefficiente di sfruttamento della sezione saldata, per tutti i portali e per le sezioni di sommità e base della colonna.

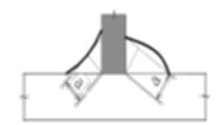
#### Sezione di base della colonna montante:

**Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo (Per sez. di classe 4 con  $\rho \geq 0.50$ , si assume la sezione lorda)**

(NTC 2018 - 4.2.8.2.4)

Azioni di verifica agli SLU - STR:

SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:		
Tipo	Sezione	$L_I$ (m)	$L_J$ (m)	$s$ (m)
A1	SEZIONE B	0.22	0.22	0.006



	S235	S275 - S355	S420 - S460
$\beta_1$	0,85	0,70	0,62
$\beta_2$	1,0	0,85	0,75

Tensioni sulla sezione di gola in posizione ribaltata:

(A)	$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$ $ \sigma_{\parallel}  \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$	$f_{yk}$ (MPa)	$\beta_1$ (-)	$\beta_2$ (-)	$\beta_1 \cdot f_{yk}$ (-)	$\beta_2 \cdot f_{yk}$ (-)
		355	0.70	0.85	249	302
(B)						

Si assume lo sviluppo longitudinale della saldatura pari a quello della sezione scatolare saldata.

Il cordone deve essere continuo, lungo uno o entrambi i lati della lamiera saldata.

$n_{\text{CORDONI}}$ (-)	$a/s$ (-)	$S_{\text{MIN-SALDAT}}$ (m)	$a_{\text{RES-TOT}}$ (m)
1	1.00	0.008	0.006

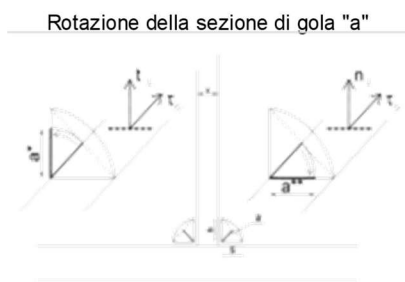
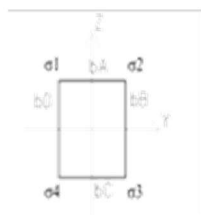
Si considera, quale sezione resistente, quella di gola "a", ruotata sui piani delle lamiere saldate:

Grandezze caratteristiche della saldatura lungo il perimetro della sezione scatolare

$A_{\text{SALDAT}}$ (m <sup>2</sup> )	$I_I$ (m <sup>4</sup> )	$I_J$ (m <sup>4</sup> )	$W_I$ (m <sup>3</sup> )	$W_J$ (m <sup>3</sup> )	$S_{VI}^*$ (m <sup>2</sup> )	$S_{VJ}^*$ (m <sup>2</sup> )	$2 \cdot \Omega \cdot t$ (m <sup>3</sup> )
0.0051	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004	0.0001	0.0001	0.0005



Calcolo delle tensioni sulla sezione lorda (Sezione a spigoli vivi):



Determinazione dei  $\sigma$  negli spigoli della sezione:

	Compila' Sez Verifica'					
	Assiale	Vi	Vj	Torcente	Mi	Mj
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
A1 - SEZIONE B	-4.11	20.25	0.00	18.73	1.23	0.00

Tensione nei cordoni di saldatura in corrispondenza ai vertici della sezione rettangolare

Tensioni sulla sezione resistente ruotata "a\*\*":

	Tensioni parallele				Tensioni perpendicolari			
	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
A1 - SEZIONE B	-27839	27839	40330	-40330	-2659	-2659	4260	4260

Verifica di resistenza della saldatura:

	Formula (A)				Formula (B)			
	Spigolo 1	Spigolo 2	Spigolo 3	Spigolo 4	Spigolo 1	Spigolo 2	Spigolo 3	Spigolo 4
	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
A1 - SEZIONE B	27966	27966	40554	40554	2659	2659	4260	4260
$\eta_{MAX}$	0.163				0.014			

Tensioni sulla sezione resistente ruotata "a\*\*\*":

	Tensioni parallele				Tensioni perpendicolari			
	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
A1 - SEZIONE B	-27839	27839	40330	-40330	-2659	-2659	4260	4260

Verifica di resistenza della saldatura:

	Formula (A)				Formula (B)			
	Spigolo 1	Spigolo 2	Spigolo 3	Spigolo 4	Spigolo 1	Spigolo 2	Spigolo 3	Spigolo 4
	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )
A1 - SEZIONE B	27966	27966	40554	40554	2659	2659	4260	4260
$\eta_{MAX}$	0.163				0.014			

Le verifiche sono soddisfatte.

Di seguito la tabella riassuntiva coi risultati in termini di coefficienti di sfruttamento  $\eta_{MAX}$  per tutte le sezioni saldate e per le varie tipologie di portali.



Coefficienti di sfruttamento (SLU-A1):		Coefficienti di sfruttamento (SLU-A1):	
	Tipo Portale (-)		$\eta_{1MAX}$ (-)
SEZIONE B	A 1		<b>0.163</b>
	A 2		<b>0.147</b>
	A 3		<b>0.165</b>
	A 4		<b>0.202</b>
	A 5		<b>0.296</b>
	A 6		<b>0.371</b>
	B 1		<b>0.142</b>
	B 2		<b>0.172</b>
	C 1		<b>0.322</b>
SEZIONE C	A 1		<b>0.834</b>
	A 2		<b>0.459</b>
	A 3		<b>0.536</b>
	A 4		<b>0.703</b>
	A 5		<b>0.851</b>
	A 6		<b>0.893</b>
	B 1		<b>0.525</b>
	B 2		<b>0.697</b>
	C 1		<b>0.802</b>

Le verifiche sono soddisfatte.

## 11.4 VERIFICA DEI GIUNTI DI CONNESSIONE

Con particolare riferimento ai problemi indotti da carichi di origine ciclica (fatica), si richiama l'attenzione sulla necessità di serrare i bulloni utilizzando le corrette coppie prescritte. - Vedi EN 1993-1-8, EN 1090-2 par 8.5 ( $F_{p,C} = 0.70 \times F_u \times A_s$ ) per le sezioni A e B. Nel caso di carichi di fatica dovuti al fatto che la forza esterna P è variabile nel tempo si ha il vantaggio che la componente alternata sui bulloni precaricati risulta inferiore rispetto a quella totale e, anche se la componente media si somma al precarico, l'effetto complessivo è favorevole.

Il precarico dei bulloni è fondamentale in quanto influisce sul bloccaggio degli elementi e sulla resistenza a fatica ed i suoi effetti sono:

- Porre gli elementi in compressione affinché non abbiano movimenti relativi di allontanamento a causa delle forze agenti in direzione normale
- Creare attrito fra gli elementi affinché non abbiano movimenti relativi di slittamento a causa di forze di taglio, cioè agenti in direzioni parallele agli elementi stessi
- Diminuire l'ampiezza delle sollecitazioni di fatica.

Nella struttura in progetto si hanno due giunzioni bullonate per la parte in elevazione, corrispondenti alle sezioni "Sez B" e Sez C" (base connessa alla fondazione con un sistema di tirafondi).

Si prescrivono bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 per le connessioni aeree; per la connessione alla base tirafondi con caratteristiche minime equivalenti ai bulloni di classe 8.8.

Le verifiche sono condotte con riferimento a quanto dettagliato nelle NTC 2018; 4.2.8 ed in analogia a quanto contenuto in EN 1993-1-8; 3.6.

Si rimanda a quanto sopra per dettagli in merito alle procedure di verifica ed al significato dei simboli richiamati nelle tabelle sintetiche seguenti.

Per ciascuna tipologia di portale si è verificata la sezione appartenente alla sottofamiglia soggetta alla maggiore sollecitazione (A1-A6; B1-B2; C1). La medesima sezione ha le stesse caratteristiche geometriche per tutte le sottofamiglie di portali appartenente alla stessa tipologia. I risultati della verifica risultano quindi validi per tutte le sottofamiglie della stessa tipologia.

La scelta della specifica giunzione da sottoporre a verifica della bullonatura è stata fatta utilizzando i maggiori coefficienti di sfruttamento delle sezioni metalliche.

### 11.4.1 Portale tipo A - Verifica del giunto di sommità della colonna (Sez. B)

Per i dettagli geometrici delle giunzioni si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione-taglio sui bulloni.



Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo (schema 1) vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo (schema 2) opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche della piastra in acciaio e delle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

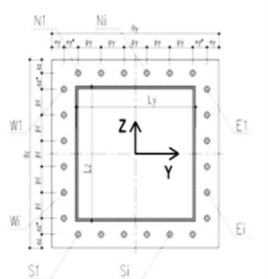
#### Verifica Giunzioni bullonate:

(NTC 2018; 4.2.8 - Giunzioni a taglio; EN 1993-1-8 - 3.6)

Classe Bulloni	$f_{td}$	$f_{tk\_ACCIAIO}$	$\gamma_{M2}$
(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
8.8	800	355	1.25

Azioni di verifica agli SLU:

SEZ VERIFICA			Geometria del profilo in acciaio:				
Progress. Generale	Tipo	Sezione	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	s (m)		
15	A6	SEZIONE B	0.22	0.22	0.006		
Verifica SLU - STR							
Assiale (kN)	V <sub>i</sub> (kN)	V <sub>j</sub> (kN)	V <sub>ij</sub> (kN)	Torcente (kNm)	M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>j</sub> (kNm)	
Tipo A6 - SEZIONE B	-5.08	22.50	0.00	22.50	46.13	5.33	0.00



Geometria del giunto bullonato (piastra):

Numero dei bulloni		$\Phi_{BULLONE}$		$A_{NOM\_BULLONE}$		$\Phi_{BULL-FILETTO}$		$A_{RES\_BULLONE}$	
$n_{N+S(i)}$	$n_{E+W(i)}$	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )
(-)	(-)	18	254	15.6	192				
2	3								
$B_i$	$B_j$	$s_{PIASTRA}$	$e_i$	$e_i^*$	$e_j$	$e_j^*$	$p_i$	$p_j$	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
0.35	0.22	0.01	0.035	0	0.035	0	0.2800	0.0750	

Sollecitazioni indotte dalla presso-flessione deviata:

Procedura A)

Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati in compressione e trazione:

(ad esempio: piastre di base sostenute da controdamo senza contatto col c.a.)

$A_{RES\_BULLONATURA}$	$I_{Y-G\_TOTALE}$	$I_{Z-G\_TOTALE}$	$N_{MIN}$ (Compres)	$N_{MAX}$ (Traz)
(m <sup>2</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(kN)	(kN)
0.00115	0.000004	0.000023	-18.61	16.92

Procedura B)

Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati solo a trazione:

(Sollecitazione determinata in presso-flessione deviata)

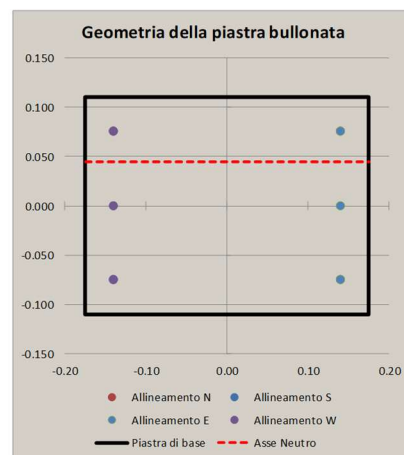
Analisi B) significativa	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$N_{MAX}$ (Traz)
(-)	(Mpa)	(Mpa)	(kN)
5	2.70	68	13.06

Sollecitazioni indotte dal taglio e dalla torsione sul singolo bullone:

Taglio		Torsione		$V_{L\_MAX}$
$V_{YI}$	$V_{Zi}$	$V_{YI\_MAX}$	$V_{Zi\_MAX}$	(kN)
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
3.75	0.00	24.69	46.09	54.16

Sollecitazioni di verifica:

Taglio	Trazione	Compressione
$F_{V,kd}$	$F_{T,kd}$	$F_{C,kd}$
(kN)	(kN)	(kN)
54.16	16.92	-18.61





Resistenza dei bulloni:  
(NTC 2018, 4.2.8.1.1)

Geometria del giunto:

	(mm)
$e_1$	35
$e_2$	35
$d_0$	19.5
$p_1$	75
$p_2$	75
$d_m$	26

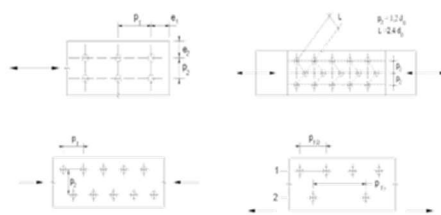


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate a chiodate

$\alpha$ (-)	k (-)	Taglio su filettatura (-)
0.598	2.5	S

Resistenze elementari:	(kN)
Taglio del bullone $F_{v,Rd}$	73.73
Rifollamento $F_{b,Rd}$	76.46
Trazione $F_{t,Rd}$	110.59
Punzonamento $B_{p,Rd}$	139.19

	(kN) - c.u.	
Resistenza a taglio	73.73	Verificato
Resistenza a trazione	110.59	Verificato
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0.15	Verificato
Verifica combinata	0.84	Verificato

Essendo i bulloni soggetti ad una forza di precarico pari a:

$$F_{p,Cd} = 0.7 \cdot \frac{f_{tbk} \cdot A_{res}}{\gamma_{M7}} = 0.7 \cdot \frac{800 \text{ MPa} \cdot 192 \text{ mm}^2}{1.1} = 98 \text{ kN}$$

non si hanno oscillazioni delle sollecitazioni normali essendo la trazione di progetto in condizioni di esercizio pari a:

$$F_{t,Ed \text{ S.L.E.}} = 16.95 \text{ kN} / 1.5 = 11.3 \text{ kN} < F_{p,Cd}$$

Le verifiche risultano soddisfatte.

### Verifica fazzoletti irrigidimento:

La massima trazione sul singolo bullone vale 16.92kN.

Gli irrigidimenti formano con la piastra una sezione equivalente a T.

Si assimila il piatto irrigidito ad una mensola di lunghezza pari a 30mm (eccentricità del bullone rispetto al lato verticale del pressopiegato).

La sezione resistente risulta essere una sezione a T avente le seguenti dimensioni:

- Ala 220mm (larghezza del piatto) x 10mm (spessore del piatto);
- Anima 130mm (altezza dell'irrigidimento) x 12mm (somma degli spessori dei due irrigidimenti).

Si assume cautelativamente un carico pari 3 volte (=numero di bulloni per lato) la trazione massima.

Risulta quindi:

- $M = F \times e = (3 \times 16.92 \text{ kN}) \times 0.03 \text{ m} = 1.52 \text{ kNm}$
- $A_v = 130 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} = 1560 \text{ mm}^2$
- $W = 63119 \text{ mm}^3$
- $\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 24.1 \text{ Mpa}$
- $\tau = \frac{F}{A} = 32.5 \text{ Mpa}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 61.31 \text{ Mpa} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338 \text{ Mpa}$

La verifica risulta soddisfatta.

### Verifica del piatto inferiore (sp.15mm):

La massima trazione sul singolo bullone vale 16.92kN.



Si assimila il piatto ad una mensola di lunghezza pari a 30mm (eccentricità del bullone rispetto al lato del montante verticale), soggetta ad una forza concentrata pari alla trazione massima del bullone.

La sezione resistente risulta essere una sezione rettangolare avente dimensioni 60mm (si considera una diffusione a 45°) e altezza 15mm (pari allo spessore del piatto).

Risulta quindi:

- Eccentricità carico = 30mm
- Larghezza sezione rettangolare =  $\min(72.5\text{mm}; 2 \times 30\text{mm}) = 60\text{mm}$
- $M = F \times e = 16.92\text{kN} \times 0.03\text{m} = 0.51 \text{ kNm}$ .
- $A = 60\text{mm} \times 15\text{mm} = 900 \text{ mm}^2$
- $W = 1/6 \times 15^2 \times 60 \text{ mm}^3 = 2250 \text{ mm}^3$
- $\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 225.6 \text{ Mpa}$
- $\tau = \frac{F}{A} = 18.8 \text{ Mpa}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 227.9 \text{ Mpa} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338 \text{ Mpa}$

La verifica risulta soddisfatta.

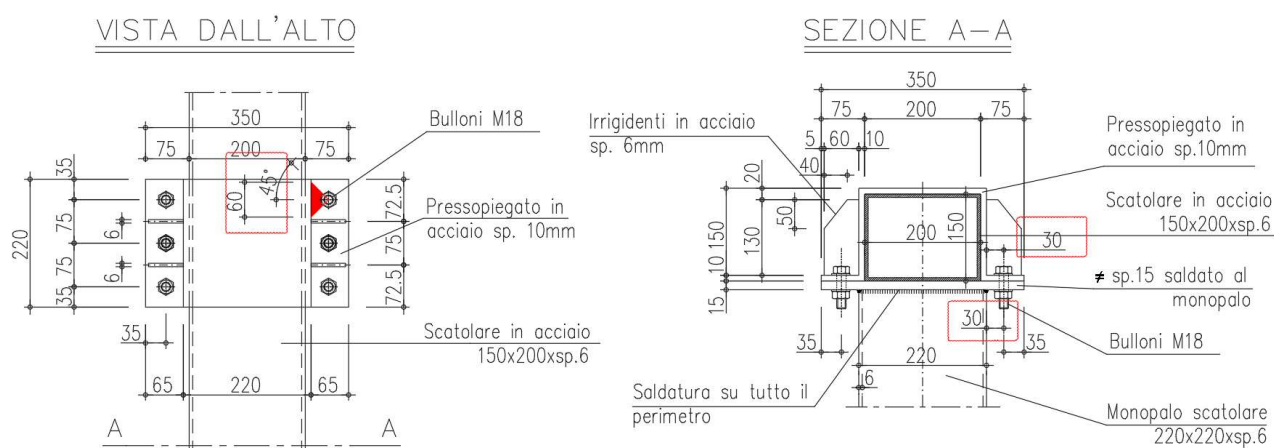


Figura 11-1. Giunto di sommità, con in evidenza le dimensioni utilizzate nelle verifiche



## 11.4.2 Portale tipo B - Verifica del giunto di sommità della colonna (Sez. B)

Per i dettagli geometrici delle giunzioni si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione-taglio sui bulloni.

Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo (schema 1) vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo (schema 2) opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche della piastra in acciaio e delle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

### Verifica Giunzioni bullonate:

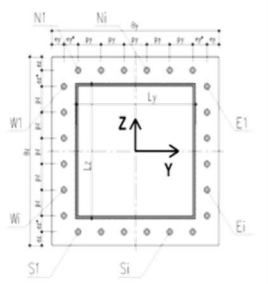
(NTC 2018, 4.2.8 - Giunzioni a taglio; EN 1993-1-8 - 3.6)

Classe Bulloni	$f_b$	$f_{k,ACQIAIO}$	$\gamma_{M2}$
(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
8.8	800	355	1.25

Azioni di verifica agli SLU:

Progress. Generale	SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:		
	Tipo	Sezione	$L_1$	$L_2$	$s$
17	B2	SEZIONE B	0.3	0.3	0.006

Verifica SLU - STR						
Assiale	$V_i$	$V_j$	$V_{ij}$	Torcente	$M_i$	$M_j$
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Tipo B2 - SEZIONE B	-5.97	28.69	0.00	28.69	37.29	3.28
					0.00	



Geometria del giunto bullonato (piastra):

Numero dei bulloni	
$n_{N-S(0)}$	$n_{E-W(0)}$
(-)	(-)
2	4
$B_i$	$B_j$
(m)	(m)
0.45	0.3

$\Phi_{BULLONE}$	$A_{NOM\_BULLONE}$	$\Phi_{BULL-FILLETTO}$	$A_{RES\_BULLONE}$
(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )
18	254	15.6	192
$e_i$	$e_i^*$	$e_j$	$e_j^*$
(m)	(m)	(m)	(m)
0.035	0	0.0375	0

Sollecitazioni indotte dalla pressoflessione deviata:

Procedura A)

Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati in compressione e trazione:

(ad esempio: piastre di base sostenute da contrado senza contatto col c.a.)

$A_{RES\_BULLONATURA}$	$I_{Y-G\_TOTALE}$	$I_{Z-G\_TOTALE}$
(m <sup>2</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(m <sup>4</sup> )
0.00154	0.000011	0.000055

$N_{MIN}$ (Compres)	$N_{MAX}$ (Traz)
(kN)	(kN)
-7.31	5.82

Procedura B)

Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati solo a trazione:

(Sollecitazione determinata in pressoflessione deviata)

Analisi B) significativa	$\sigma_c$	$\sigma_s$
(-)	(Mpa)	(Mpa)
5	0.80	21

$N_{MAX}$ (Traz)
(kN)
4.03

Sollecitazioni indotte dal taglio e dalla torsione sul singolo bullone:

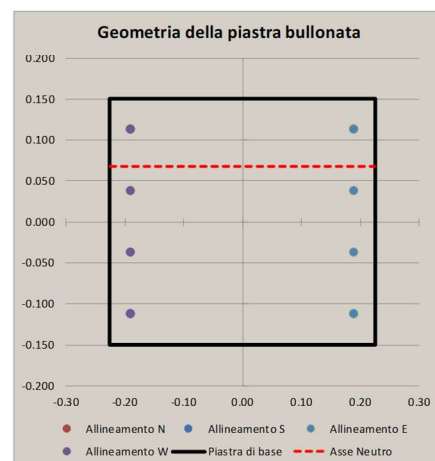
Taglio		Torsione		$V_{L\_MAX}$
$V_{Yi}$	$V_{Zi}$	$V_{Yi\_MAX}$	$V_{Zi\_MAX}$	
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
3.59	0.00	12.16	20.54	25.88

Sollecitazioni di verifica:

Taglio	Trazione	Compressione
$F_{V,Ed}$	$F_{T,Ed}$	$F_{C,Ed}$
(kN)	(kN)	(kN)
25.88	5.82	-7.31

Resistenza dei bulloni:

(NTC 2018, 4.2.8.1.1)





Geometria del giunto:

	(mm)
$e_1$	35
$e_2$	35
$d_0$	19.5
$p_1$	75
$p_2$	75
$d_m$	28

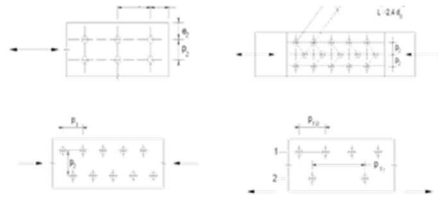


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate a chiodo

$\alpha$ (-)	k (-)	Taglio su flettatura (-)
0.598	2.5	S

Resistenze elementari:		(kN)
Taglio del bullone	$F_{v,Rd}$	73.73
Rifollamento	$F_{b,Rd}$	76.46
Trazione	$F_{t,Rd}$	110.59
Punzonamento	$B_{p,Rd}$	149.89

	(kN) - c.u.	
Resistenza a taglio	73.73	Verificato
Resistenza a trazione	110.59	Verificato
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0.05	Verificato
Verifica combinata	0.39	Verificato

Essendo i bulloni soggetti ad una forza di precarico pari a:

$$F_{p,Cd} = 0.7 \cdot \frac{f_{tbk} \cdot A_{res}}{\gamma_{M7}} = 0.7 \cdot \frac{800 \text{ MPa} \cdot 192 \text{ mm}^2}{1.1} = 98 \text{ kN}$$

non si hanno oscillazioni delle sollecitazioni normali essendo la trazione di progetto in condizioni di esercizio pari a:

$$F_{t,Ed \text{ S.L.E.}} = \frac{5.82 \text{ kN}}{1.5} = 3.88 \text{ kN} < F_{p,Cd}$$

Le verifiche risultano soddisfatte.

### Verifica fazzoletti irrigidimento:

La massima trazione sul singolo bullone vale 5.82kN.

Gli irrigidimenti formano con la piastra una sezione equivalente a T.

Si assimila il piatto irrigidito ad una mensola di lunghezza pari a 30mm (eccentricità del bullone rispetto al lato verticale del pressopiegato).

La sezione resistente risulta essere una sezione a T avente le seguenti dimensioni:

- Ala 300mm (larghezza del piatto) x 10mm (spessore del piatto);
- Anima 130mm (altezza dell'irrigidimento) x 18mm (somma degli spessori dei tre irrigidimenti).

Si assume cautelativamente un carico pari 4 volte (=numero di bulloni per lato) la trazione massima.

Risulta quindi:

- $M = F \times e = (4 \times 5.82 \text{ kN}) \times 0.03 \text{ m} = 0.70 \text{ kNm}$
- $A_v = 130 \text{ mm} \times 18 \text{ mm} = 2340 \text{ mm}^2$
- $W = 93573 \text{ mm}^3$
- $\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 7.44 \text{ Mpa}$
- $\tau = \frac{F}{A} = 9.95 \text{ Mpa}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 18.78 \text{ Mpa} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338 \text{ Mpa}$

La verifica risulta soddisfatta.

### Verifica del piatto inferiore (sp.15mm):

La massima trazione sul singolo bullone vale 5.82kN.

Si assimila il piatto ad una mensola di lunghezza pari a 40mm (eccentricità del bullone rispetto al lato del montante verticale), soggetta ad una forza concentrata pari alla trazione massima del bullone.



La sezione resistente risulta essere una sezione rettangolare avente dimensioni 75mm e altezza 15mm (pari allo spessore del piatto).

Risulta quindi:

- Eccentricità carico = 40mm
- Larghezza sezione rettangolare =  $\min(75\text{mm}; 2 \times 40\text{mm}) = 75\text{mm}$
- $M = F \times e = 5.82\text{kN} \times 0.04\text{m} = 0.23 \text{ kNm}$ .
- $A = 75\text{mm} \times 15\text{mm} = 1125 \text{ mm}^2$
- $W = 1/6 \times 15^2 \times 75 \text{ mm}^3 = 2813 \text{ mm}^3$
- $\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 82.8 \text{ Mpa}$
- $\tau = \frac{F}{A} = 5.17 \text{ Mpa}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 83.3 \text{ Mpa} < \frac{f_y}{\gamma_{Mo}} = 338 \text{ Mpa}$

La verifica risulta soddisfatta.

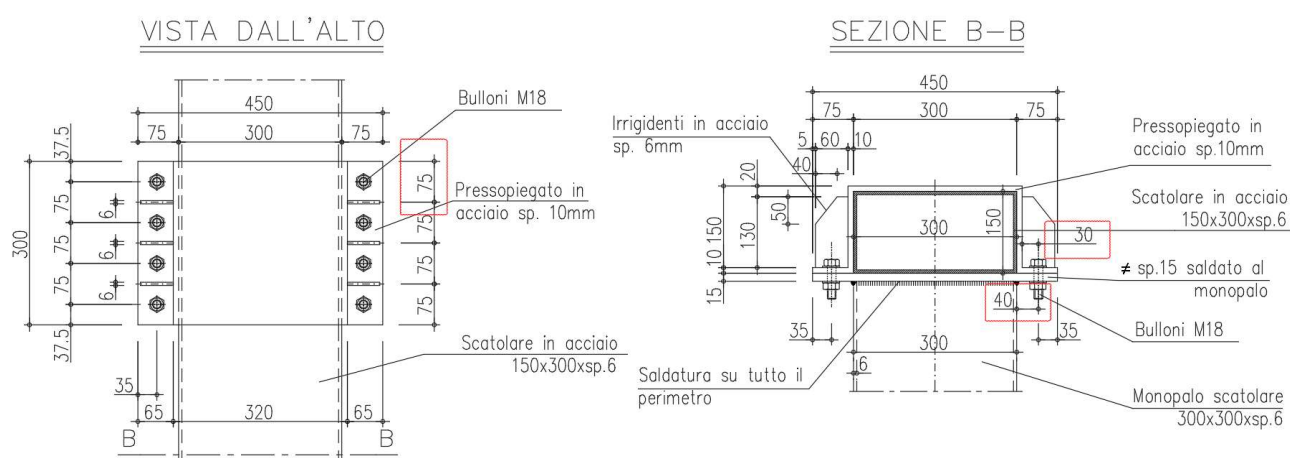


Figura 11-2. Giunto di sommità, con in evidenza le dimensioni utilizzate nelle verifiche



### 11.4.3 Portale tipo C - Verifica del giunto di sommità della colonna (Sez. B)

Per i dettagli geometrici delle giunzioni si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione-taglio sui bulloni.

Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo (schema 1) vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo (schema 2) opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche della piastra in acciaio e delle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

#### Verifica Giunzioni bullonate:

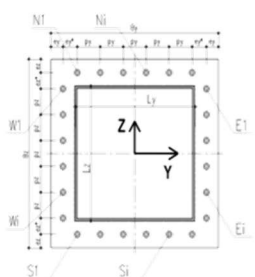
(NTC 2018; 4.2.8 - Giunzioni a taglio; EN 1993-1-8 - 3.6)

Classe Bulloni	$f_b$ (MPa)	$f_{b,ACCAIO}$ (MPa)	$\gamma_{M2}$ (-)
8.8	800	355	1.25

Azioni di verifica agli SLU:

Progress, Generale 18	SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:		
	Tipo	Sezione	$L_1$ (m)	$L_2$ (m)	s (m)
	C1	SEZIONE B	0.3	0.3	0.008

Verifica SLU - STR							
	Assiale (kN)	$V_i$ (kN)	$V_j$ (kN)	$V_{ij}$ (kN)	Torcente (kNm)	$M_i$ (kNm)	$M_j$ (kNm)
Tipo C1 - SEZIONE B	-8.57	40.50	0.00	40.50	98.21	11.14	0.00



#### Geometria del giunto bullonato (piastra):

Numero dei bulloni		$\Phi_{BULLONE}$		$A_{NOM,BULLONE}$	$\Phi_{BULL-FILETTO}$	$A_{RES,BULLONE}$		
$n_{N-S(i)}$ (-)	$n_{E-W(i)}$ (-)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	$p_i$ (m)	$p_j$ (m)
2	4	20	314	17.7	245			
$B_1$ (m)	$B_2$ (m)	$s_{PIASTRA}$ (m)	$e_1$ (m)	$e_1^*$ (m)	$e_2$ (m)	$e_2^*$ (m)	$p_i$ (m)	$p_j$ (m)
0.45	0.3	0.01	0.035	0	0.0375	0	0.3800	0.0750

Sollecitazioni indotte dalla presso-flessione deviata:

Procedura A) Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati in compressione e trazione:  
(ad esempio: piastre di base sostenute da controsoffitto senza contatto col c.a.)

$A_{RES,BULLONATURA}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{Y-Q,TOTALE}$ (m <sup>4</sup> )	$I_{Z-Q,TOTALE}$ (m <sup>4</sup> )
0.00196	0.000014	0.000071

$N_{MIN}$ (Compres) (kN)	$N_{MAX}$ (Tra2) (kN)
-23.35	21.21

Procedura B) Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati solo a trazione:  
(Sollecitazione determinata in presso-flessione deviata)

Analisi B) significativa (-)	$\sigma_C$ (Mpa)	$\sigma_S$ (Mpa)
S	2.50	64

$N_{MAX}$ (Tra2) (kN)
15.68

Sollecitazioni indotte dal taglio e dalla torsione sul singolo bullone:

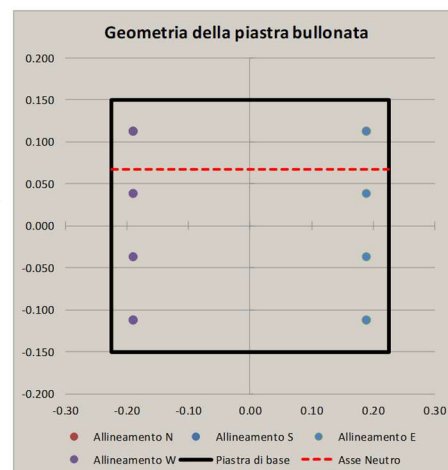
Taglio		Torsione		$V_1$ MAX (kN)
$V_{Y1}$ (kN)	$V_{Z1}$ (kN)	$V_{Y1,MAX}$ (kN)	$V_{Z1,MAX}$ (kN)	
5.06	0.00	32.02	54.08	65.57

Sollecitazioni di verifica:

Taglio	Trazione	Compressione
$F_{V,Ed}$ (kN)	$F_{T,Ed}$ (kN)	$F_{C,Ed}$ (kN)
65.57	21.21	-23.35

Resistenza dei bulloni:

(NTC 2018, 4.2.8.1.1)





Geometria del giunto:

	(mm)
$e_1$	35
$e_2$	35
$d_0$	21
$p_1$	75
$p_2$	75
$d_m$	28

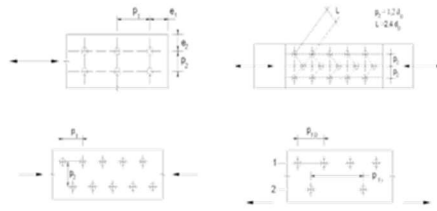


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate a chiodo

$\alpha$ (-)	k (-)	Taglio su filettatura (-)
0.556	2.5	S

Resistenze elementari:	(kN)
Taglio del bullone $F_{v,Rd}$	94.08
Rifollamento $F_{b,Rd}$	78.89
Trazione $F_{t,Rd}$	141.12
Punzonamento $B_{p,Rd}$	149.89

	(kN) - c.u.	
Resistenza a taglio	78.89	Verificato
Resistenza a trazione	141.12	Verificato
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0.15	Verificato
Verifica combinata	0.94	Verificato

Essendo i bulloni soggetti ad una forza di precarico pari a:

$$F_{p,Cd} = 0.7 \cdot \frac{f_{tbk} \cdot A_{res}}{\gamma_{M7}} = 0.7 \cdot \frac{800 \text{ MPa} \cdot 245 \text{ mm}^2}{1.1} = 124 \text{ kN}$$

non si hanno oscillazioni delle sollecitazioni normali essendo la trazione di progetto in condizioni di esercizio pari a:

$$F_{t,Ed \text{ S.L.E.}} = \frac{21.21 \text{ kN}}{1.5} = 14.14 \text{ kN} < F_{p,Cd}$$

Le verifiche risultano soddisfatte.

### Verifica fazzoletti irrigidimento:

La massima trazione sul singolo bullone vale 21.21kN.

Gli irrigidimenti formano con la piastra una sezione equivalente a T.

Si assimila il piatto irrigidito ad una mensola di lunghezza pari a 30mm (eccentricità del bullone rispetto al lato verticale del pressopiegato).

La sezione resistente risulta essere una sezione a T avente le seguenti dimensioni:

- Ala 300mm (larghezza del piatto) x 10mm (spessore del piatto);
- Anima 130mm (altezza dell'irrigidimento) x 18mm (somma degli spessori dei tre irrigidimenti).

Si assume cautelativamente un carico pari 4 volte (=numero di bulloni per lato) la trazione massima.

Risulta quindi:

- $M = F \times e = (4 \times 21.21 \text{ kN}) \times 0.03 \text{ m} = 2.55 \text{ kNm}$
- $A_v = 130 \text{ mm} \times 18 \text{ mm} = 2340 \text{ mm}^2$
- $W = 93573 \text{ mm}^3$
- $\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 27.20 \text{ Mpa}$
- $\tau = \frac{F}{A} = 36.26 \text{ Mpa}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 68.44 \text{ Mpa} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338 \text{ Mpa}$

La verifica risulta soddisfatta.

### Verifica del piatto inferiore (sp.15mm):

La massima trazione sul bullone vale 21.21kN.

Si assimila il piatto ad una mensola di lunghezza pari a 40mm (eccentricità del tirafondo rispetto al lato del montante verticale), soggetta ad una forza concentrata pari alla trazione massima del tirafondo.

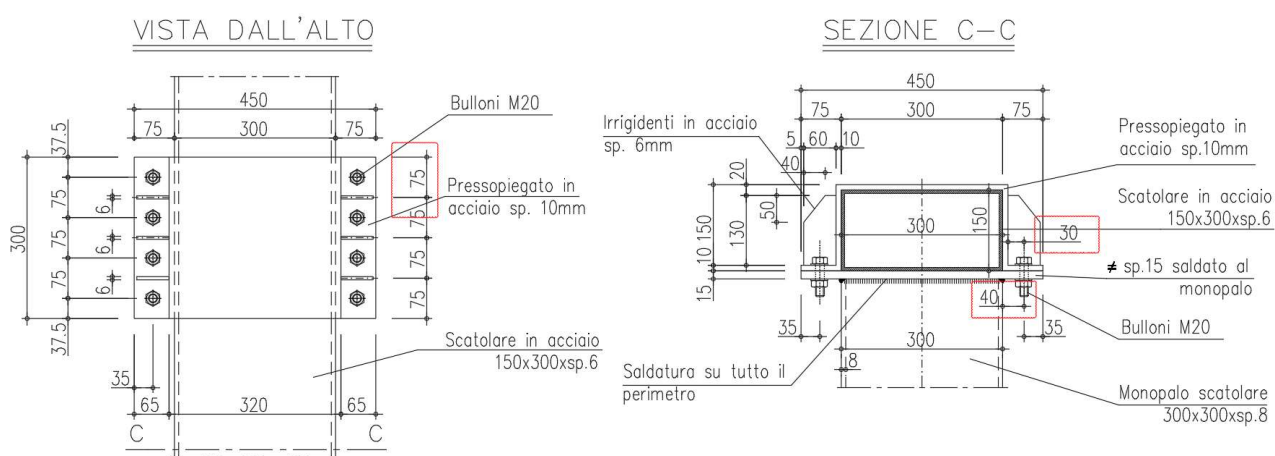


La sezione resistente risulta essere una sezione rettangolare avente dimensioni 75mm e altezza 15mm (pari allo spessore del piatto).

Risulta quindi:

- Eccentricità carico = 40mm
- Larghezza sezione rettangolare = min (75mm;
- $M = F \times e = 21.21 \text{ kN} \times 0.04 \text{ m} = 0.85 \text{ kNm}$ .
- $A = 75 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} = 1125 \text{ mm}^2$
- $W = 1/6 \times 15^2 \times 75 \text{ mm}^3 = 2813 \text{ mm}^3$
- $\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 301.7 \text{ Mpa}$
- $\tau = \frac{F}{A} = 18.9 \text{ Mpa}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 303.4 \text{ Mpa} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338 \text{ Mpa}$

La verifica risulta soddisfatta.



*Figura 11-3. Giunto di sommità, con in evidenza le dimensioni utilizzate nelle verifiche*



## 11.4.4 Portale tipo A - Verifica del giunto di base della colonna (Sez. C)

Per i dettagli geometrici delle giunzioni si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione-taglio sui bulloni.

Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo (schema 1) vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo (schema 2) opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche della piastra in acciaio e delle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

### Verifica Giunzioni bullonate:

(NTC 2018; 4.2.8 - Giunzioni a taglio; EN 1993-1-8 - 3.6)

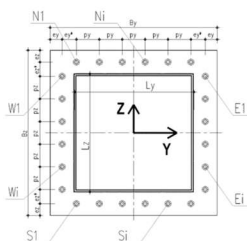
Classe Bulloni	$f_{tb}$	$f_{k\_ACCIAIO}$	$\gamma_{M2}$
(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
8.8	800	355	1.25

### Azioni di verifica agli SLU:

Progress. Generale	SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:		
	Tipo	Sezione	$L_1$	$L_2$	$s$
24	A6	SEZIONE C	0.22	0.22	0.006

Verifica SLU - STR					
Assiale	$V_i$	$V_j$	$V_{ij}$	Torcente	Mi
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
Tipo A6 - SEZIONE C	-6.62	23.34	0.00	23.34	46.13
					5.33
					66.38



### Geometria del giunto bullonato (piastra):

Numero dei bulloni		$\Phi_{BULLONE}$		$A_{NDM\_BULLONE}$	$\Phi_{BULL-FILLETTO}$	$A_{RES\_BULLONE}$	$p_1$	
$n_{N-S(I)}$	$n_{E-W(I)}$	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(m)	(m)
(-)	(-)	24	452	21.2	353			
3	3							
$B_i$	$B_j$	$S_{PIASTRA}$	$e_i$	$e_i^*$	$e_j$	$e_j^*$	$p_1$	$p_1$
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.5	0.5	0.02	0.07	0	0.07	0	0.1800	0.1800

### Sollecitazioni indotte dalla presso-flessione deviata:

Procedura A) Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati in compressione e trazione:  
(ad esempio: piastre di base sostenute da controsoffitto senza contatto col c.a.)

$A_{RES\_BULLONATURA}$	$I_{Y\_G\_TOTALE}$	$I_{Z\_G\_TOTALE}$
(m <sup>2</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(m <sup>4</sup> )
0.00282	0.000069	0.000069

$N_{MIN(Compres)}$	$N_{MAX(Tras)}$
(kN)	(kN)
-67.22	65.57

Procedura B) Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati solo a trazione:  
(Sollecitazione determinata in presso-flessione deviata)

Analisi B) significativa	$\sigma_c$	$\sigma_t$
(-)	(Mpa)	(Mpa)
5	6.10	208

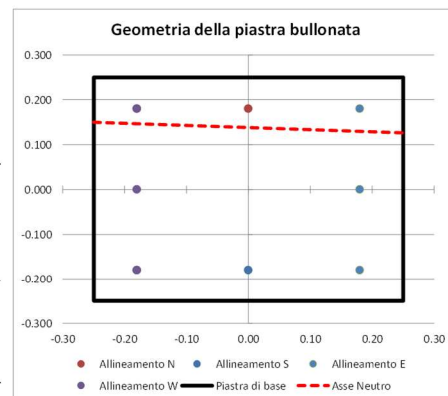
$N_{MAX(Tras)}$
(kN)
73.42

### Sollecitazioni indotte dal taglio e dalla torsione sul singolo bullone:

Taglio		Torsione		$V_{i\_MAX}$
$V_{Yi}$	$V_{Zi}$	$V_{Yi\_MAX}$	$V_{Zi\_MAX}$	(kN)
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
2.92	0.00	21.35	21.35	32.33

### Sollecitazioni di verifica:

Taglio	Trazione	Compressione
$F_{V,Ed}$	$F_{T,Ed}$	$F_{C,Ed}$
(kN)	(kN)	(kN)
32.33	73.42	-67.22





Resistenza dei bulloni:

(NTC 2018, 4.2.8.1.1)

Geometria del giunto:

	(mm)
$e_1$	70
$e_2$	70
$d_0$	25
$p_1$	180
$p_2$	180
$d_m$	30

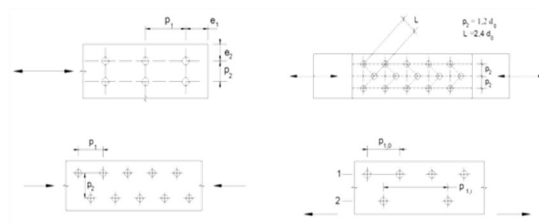


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate o chiodate

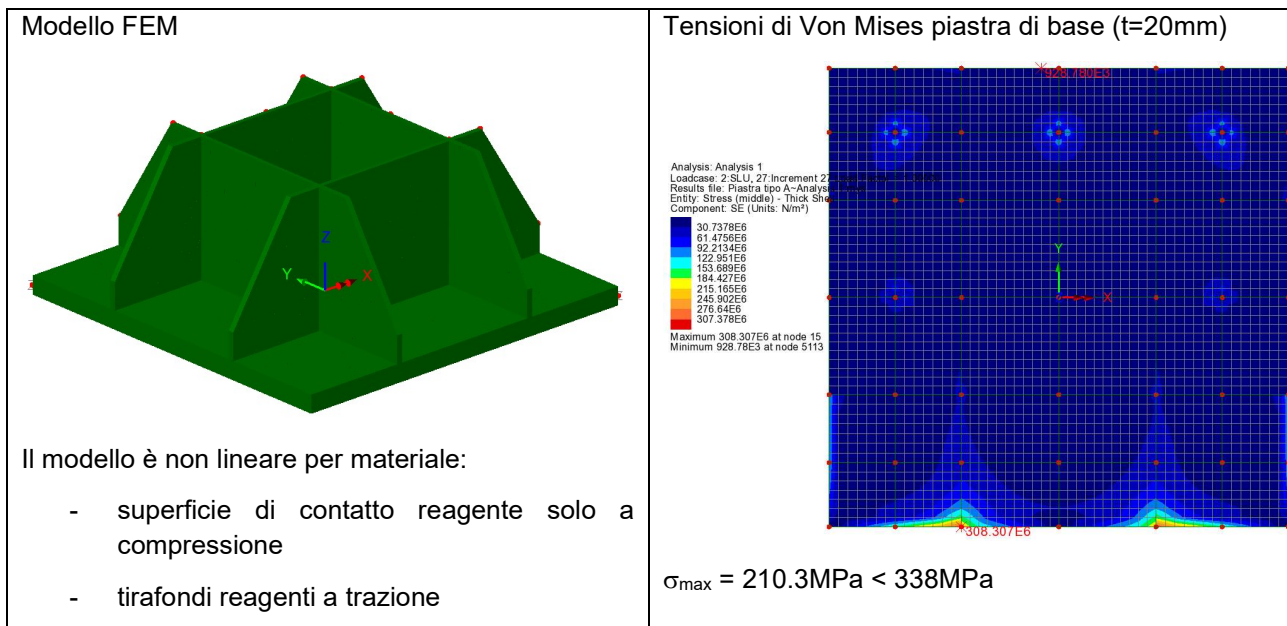
$\alpha$ (-)	k (-)	Taglio su filettatura (-)
0.933	2.5	S

Resistenze elementari:		(kN)
Taglio del bullone	$F_{v,Rd}$	135.55
Rifollamento	$F_{b,Rd}$	318.08
Trazione	$F_{t,Rd}$	203.33
Punzonamento	$B_{p,Rd}$	321.20

	(kN) - c.u.	
Resistenza a taglio	135.55	Verificato
Resistenza a trazione	203.33	Verificato
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0.36	Verificato
Verifica combinata	0.50	Verificato

Le verifiche risultano soddisfatte.

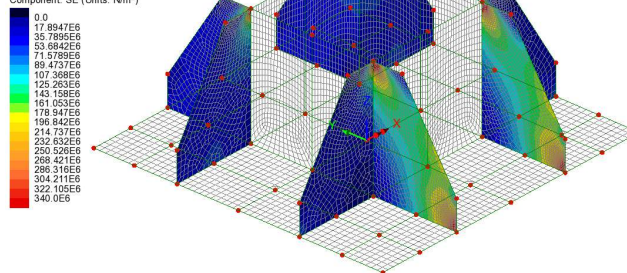
Di seguito si riporta il modello della piastra di base con l'andamento tensionale (Von Mises) esteso agli irrigidenti verticali ed al tronchetto del montante verticale:





## Tensioni di Von Mises irrigidimenti verticali (t=8mm)

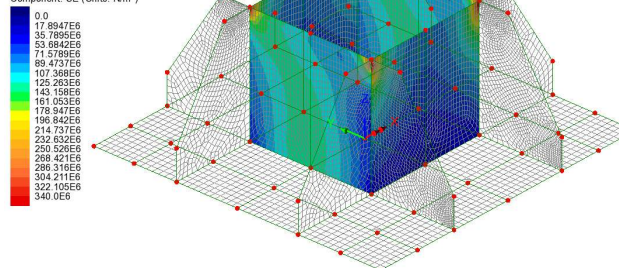
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 2 SLU, 25 Increment 25 Load Factor = 1.00000  
Results file: Plastra tipo A-Analysis 1.mys  
Entity: Stress (middle) - Thick Shell  
Component: SE (Units: N/mm²)



Tolte le zone puntuali in cui si hanno concentrazioni di sforzo, le tensioni dei piatti di irrigidimento risultano inferiori alla tensione ammissibile (338MPa)

## Tensioni di Von Mises montante scatolare 220x220x6

Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 2 SLU, 25 Increment 25 Load Factor = 1.00000  
Results file: Plastra tipo A-Analysis 1.mys  
Entity: Stress (middle) - Thick Shell  
Component: SE (Units: N/mm²)



Tolte le zone puntuali in cui si hanno concentrazioni di sforzo, le tensioni sulle facce dello scatolare risultano inferiori alla tensione ammissibile (338MPa)

Le verifiche risultano soddisfatte.



## 11.4.5 Portale tipo B - Verifica del giunto di base della colonna (Sez. C)

Per i dettagli geometrici delle giunzioni si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione-taglio sui bulloni.

Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo (schema 1) vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo (schema 2) opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche della piastra in acciaio e delle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

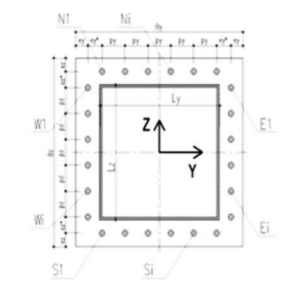
**Verifica Giunzioni bullonate:**  
(NTC 2018; 4.2.8 - Giunzioni a taglio; EN 1993-1-8 - 3.6)

Classe Bulloni	$f_{td}$ (MPa)	$f_{tk\_ACCIAIO}$ (MPa)	$\gamma_{M2}$ (-)
8.8	800	355	1.25

Azioni di verifica agli SLU:

Progress. Generale 26	SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:		
	Tipo	Sezione	$L_1$ (m)	$L_2$ (m)	$s$ (m)
	B2	SEZIONE C	0.3	0.3	0.006

Verifica SLU - STR							
	Assiale (kN)	$V_i$ (kN)	$V_j$ (kN)	$V_{ij}$ (kN)	Torcente (kNm)	$M_i$ (kNm)	$M_j$ (kNm)
Tipo B2 - SEZIONE C	-8.72	29.84	0.00	29.84	37.29	3.28	109.73



Geometria del giunto bullonato (piastra):

Numero dei bulloni		$\Phi_{BULLONE}$		$A_{NOM\_BULLONE}$		$\Phi_{BULL-FILETTO}$		$A_{RES\_BULLONE}$	
$n_{N-S(i)}$ (-)	$n_{E-W(j)}$ (-)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )
3	3	24	452	21.2	353				
$B_i$ (m)	$B_j$ (m)	$s_{PIASTRA}$ (m)	$e_i$ (m)	$e_i^*$ (m)	$e_j$ (m)	$e_j^*$ (m)	$p_i$ (m)	$p_j$ (m)	
0.6	0.6	0.02	0.075	0	0.075	0	0.2250	0.2250	

Sollecitazioni indotte dalla presso-flessione deviata:

Procedura A)

Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati in compressione e trazione:  
(ad esempio: piastre di base sostenute da controdamo senza contatto col c.a.)

$A_{RES\_BULLONATURA}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{Y-G\_TOTALE}$ (m <sup>4</sup> )	$I_{Z-G\_TOTALE}$ (m <sup>4</sup> )
0.00282	0.000107	0.000107

$N_{MIN}$ (Compres) (kN)	$N_{MAX}$ (Traz) (kN)
-84.80	82.62

Procedura B)

Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati solo a trazione:  
(Sollecitazione determinata in presso-flessione deviata)

Analisi B) significativa (-)	$\sigma_C$ (Mpa)	$\sigma_S$ (Mpa)
S	5.20	192

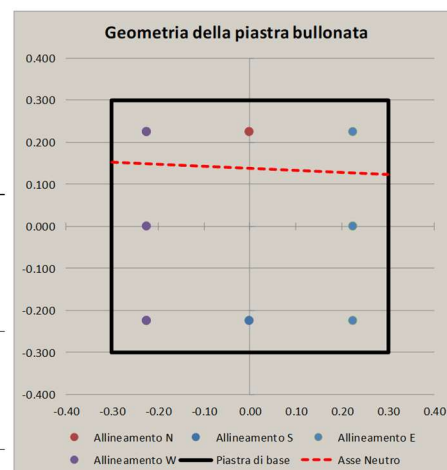
$N_{MAX}$ (Traz) (kN)
67.78

Sollecitazioni indotte dal taglio e dalla torsione sul singolo bullone:

Taglio		Torsione		$V_{L\_MAX}$ (kN)
$V_{Yi}$ (kN)	$V_{Zi}$ (kN)	$V_{Yi\_MAX}$ (kN)	$V_{Zi\_MAX}$ (kN)	
3.73	0.00	13.81	13.81	22.33

Sollecitazioni di verifica:

Taglio	Trazione	Compressione
$F_{V,Ed}$ (kN)	$F_{T,Ed}$ (kN)	$F_{C,Ed}$ (kN)
22.33	82.62	-84.80





Resistenza dei bulloni:  
(NTC 2018, 4.2.8.1.1)

Geometria del giunto:

	(mm)
$e_1$	75
$e_2$	75
$d_0$	25
$p_1$	225
$p_2$	225
$d_m$	30

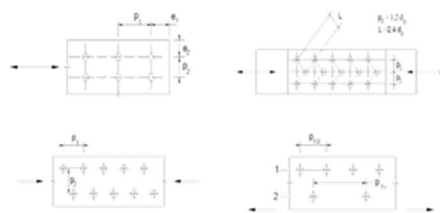


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate o chiodate

$\alpha$	k	Taglio su filettatura
(-)	(-)	(-)
1.000	2.5	S

Resistenze elementari:		(kN)
Taglio del bullone	$F_{v,Rd}$	135.55
Rifollamento	$F_{b,Rd}$	340.80
Trazione	$F_{t,Rd}$	203.33
Punzonamento	$B_{p,Rd}$	321.20

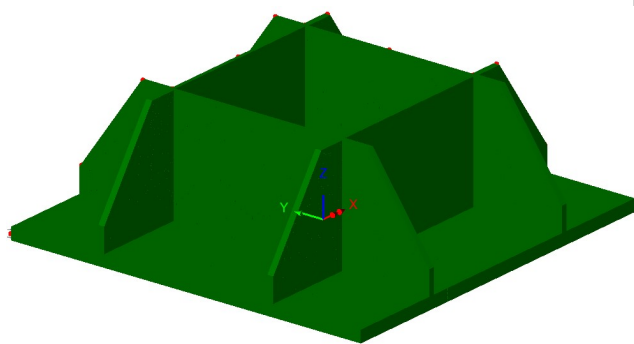
	(kN) - c.u.	
Resistenza a taglio	135.55	Verificato
Resistenza a trazione	203.33	Verificato
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0.41	Verificato
Verifica combinata	0.45	Verificato

Le verifiche risultano soddisfatte.

Di seguito si riporta il modello della piastra di base con l'andamento tensionale (Von Mises) esteso agli irrigidenti verticali ed al tronchetto del montante verticale:



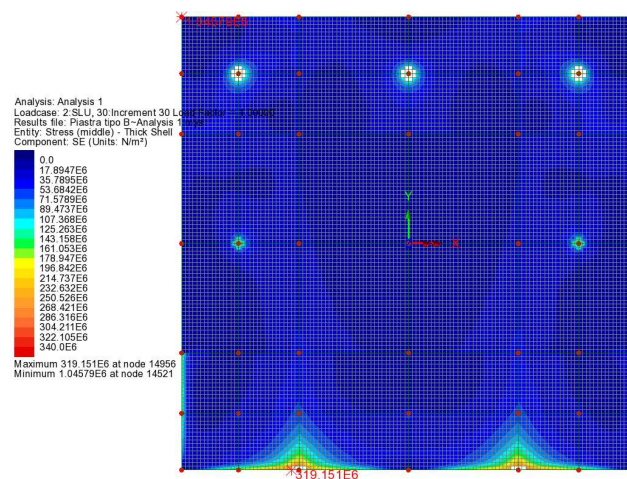
## Modello FEM



Il modello è non lineare per materiale:

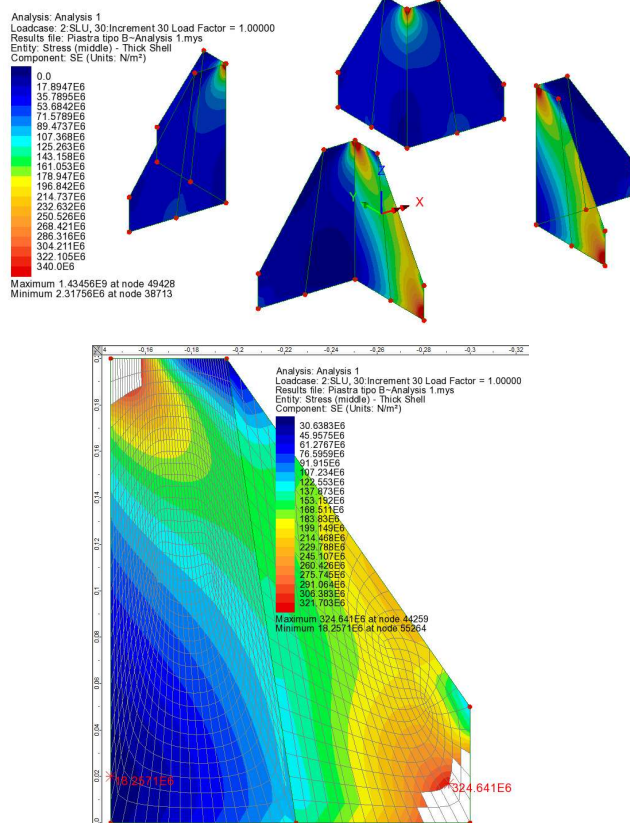
- superficie di contatto reagente solo a compressione
- tirafondi reagenti a trazione

## Tensioni di Von Mises piastra di base (t=20mm)



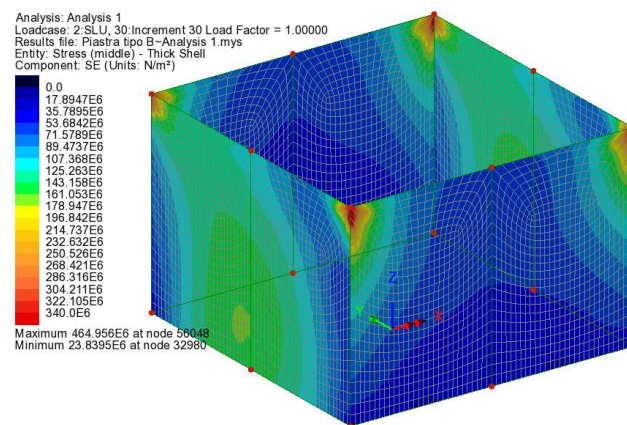
$$\sigma_{\max} = 319\text{MPa} < 338\text{MPa}$$

## Tensioni di Von Mises irrigidimenti verticali (t=10mm)



Tolte le zone puntuali in cui si hanno concentrazioni di sforzo, le tensioni dei piatti di irrigidimento risultano inferiori alla tensione ammissibile (338MPa)

## Tensioni di Von Mises montante scatolare 330x330x6



Tolte le zone puntuali in cui si hanno concentrazioni di sforzo, le tensioni sulle facce dello scatolare risultano inferiori alla tensione ammissibile (338MPa)

Le verifiche risultano soddisfatte.

### 11.4.6 Portale tipo C - Verifica del giunto di base della colonna (Sez. C)

Per i dettagli geometrici delle giunzioni si rimanda agli elaborati grafici dedicati.



Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione-taglio sui bulloni.

Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo (schema 1) vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo (schema 2) opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche della piastra in acciaio e delle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

#### Verifica Giunzioni bullonate:

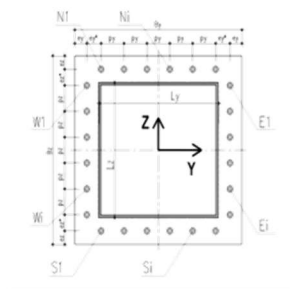
(NTC 2018; 4.2.8 - Giunzioni a taglio; EN 1993-1-8 - 3.6)

Classe Bulloni	$f_b$	$f_{t,ACCOIO}$	$\gamma_{M2}$
(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
8.8	800	355	1.25

#### Azioni di verifica agli SLU:

Progress. Generale	SEZ VERIFICA		Geometria del profilo in acciaio:		
	Tipo	Sezione	$L_1$	$L_2$	$s$
27	C1	SEZIONE C	0.3	0.3	0.008

Verifica SLU - STR						
	Assiale	$V_i$	$V_j$	$V_{ij}$	Torcente	$M_i$
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
Tipo C1 - SEZIONE C	-12.10	41.65	0.00	41.65	98.21	11.14
						$M_j$
						149.85



#### Geometria del giunto bullonato (piastra):

Numero dei bulloni									
$n_{N-S(I)}$	$n_{E-W(I)}$	$\Phi_{BULLONE}$	$A_{NOM\_BULLONE}$	$\Phi_{BULL-FILETTO}$	$A_{RES\_BULLONE}$				
(-)	(-)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm <sup>2</sup> )				
3	3	24	452	21.2	353				
$B_i$	$B_j$	$s_{PIASTRA}$	$e_i$	$e_i^*$	$e_j$	$e_j^*$	$P_i$	$P_j$	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
0.6	0.6	0.025	0.075	0	0.075	0	0.2250	0.2250	

#### Sollecitazioni indotte dalla presso-flessione deviata:

##### Procedura A)

#### Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati in compressione e trazione:

(ad esempio: piastre di base sostenute da controsoffitto senza contatto col c.a.)

$A_{RES\_BULLONATURA}$	$I_{Y-G\_TOTALE}$	$I_{Z-G\_TOTALE}$
(m <sup>2</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(m <sup>4</sup> )
0.00282	0.000107	0.000107

$N_{MIN}$ (Compres)	$N_{MAX}$ (Trax)
(kN)	(kN)
-120.76	117.74

##### Procedura B)

#### Azioni sui bulloni - Bulloni sollecitati solo a trazione:

(Sollecitazione determinata in presso-flessione deviata)

Analisi B) significativa	$\sigma_c$	$\sigma_t$
(-)	(Mpa)	(Mpa)
S	7.60	268

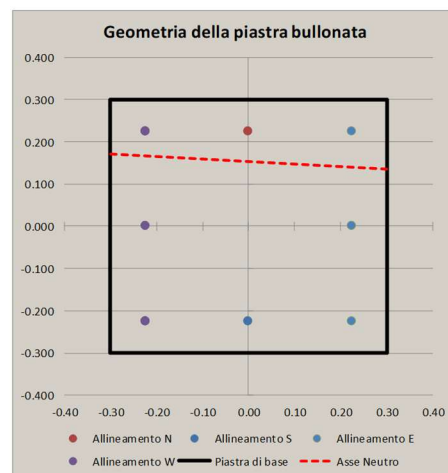
$N_{MAX}$ (Trax)
(kN)
94.60

#### Sollecitazioni indotte dal taglio e dalla torsione sul singolo bullone:

Taglio		Torsione		$V_{L\_MAX}$
$V_{Vi}$	$V_{Zi}$	$V_{Vi\_MAX}$	$V_{Zi\_MAX}$	
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
5.21	0.00	36.38	36.38	55.25

#### Sollecitazioni di verifica:

Taglio	Trazione	Compressione
$F_{V,Ed}$	$F_{T,Ed}$	$F_{C,Ed}$
(kN)	(kN)	(kN)
55.25	117.74	-120.76





Resistenza dei bulloni:  
(NTC 2018, 4.2.8.1.1)

Geometria del giunto:

	(mm)
$e_1$	75
$e_2$	75
$d_0$	25
$p_1$	225
$p_2$	225
$d_m$	30

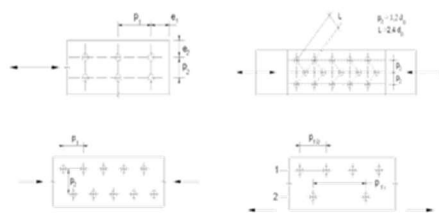


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate o chiodate

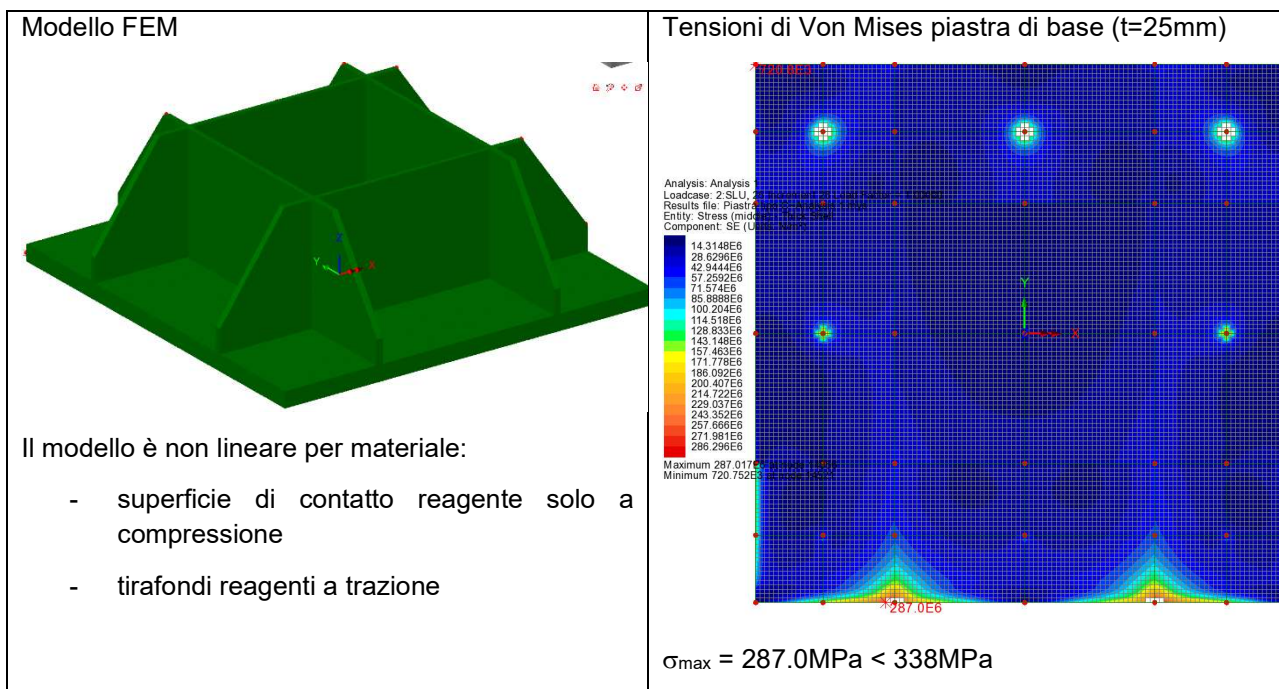
$\alpha$ (-)	k (-)	Taglio su filettatura (-)
1.000	2.5	S

Resistenze elementari:		(kN)
Taglio del bullone	$F_{v,Rd}$	135.55
Rifollamento	$F_{b,Rd}$	426.00
Trazione	$F_{t,Rd}$	203.33
Punzonamento	$B_{p,Rd}$	401.50

	(kN) - c.u.	
Resistenza a taglio	135.55	Verificato
Resistenza a trazione	203.33	Verificato
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0.58	Verificato
Verifica combinata	0.82	Verificato

Le verifiche risultano soddisfatte.

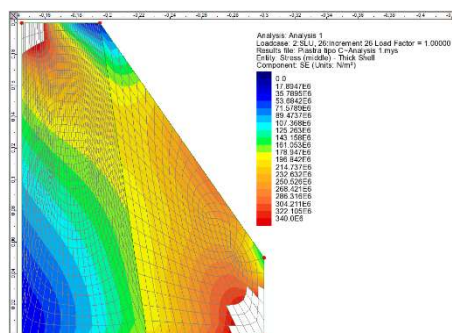
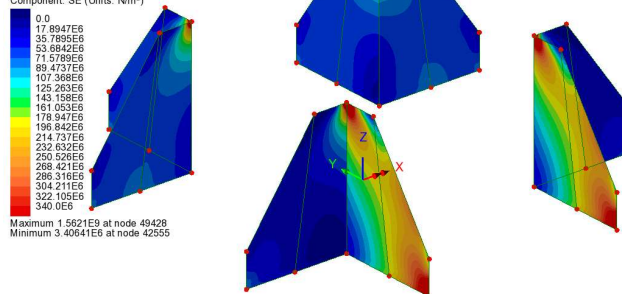
Di seguito si riporta il modello della piastra di base con l'andamento tensionale (Von Mises) esteso agli irrigidenti verticali ed al tronchetto del montante verticale:





## Tensioni di Von Mises irrigidimenti verticali (t=10mm)

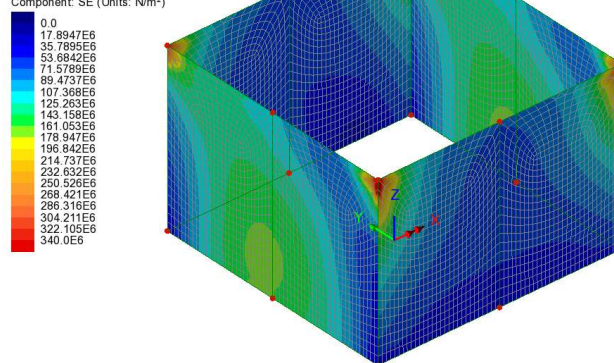
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 2.SLU, 26:Increment 26 Load Factor = 1.00000  
Results file: Piastra tipo C-Analysis 1.mys  
Entity: Stress (middle) - Thick Shell  
Component: SE (Units: N/m<sup>2</sup>)



Tolte le zone puntuali in cui si hanno concentrazioni di sforzo, le tensioni dei piatti di irrigidimento risultano inferiori alla tensione ammissibile (338MPa)

## Tensioni di Von Mises montante scatolare 330x330x8

Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 2.SLU, 26:Increment 26 Load Factor = 1.00000  
Results file: Piastra tipo C-Analysis 1.mys  
Entity: Stress (middle) - Thick Shell  
Component: SE (Units: N/m<sup>2</sup>)



Tolte le zone puntuali in cui si hanno concentrazioni di sforzo, le tensioni sulle facce dello scatolare risultano inferiori alla tensione ammissibile (338MPa)

Le verifiche risultano soddisfatte.



## 11.5 VERIFICHE DEGLI ANCORAGGI ALLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche di sicurezza del sistema di ancoraggio del portale in acciaio alle opere di fondazione.

La connessione con la fondazione in c.a. è realizzata tramite un sistema tirafondi-piastra di dimensioni variabile in funzione del tipo di portale.

Si utilizzano tirafondi di classe 8.8, disposti simmetricamente su un unico allineamento a cerchiare il perimetro della sezione scatolare del montante.

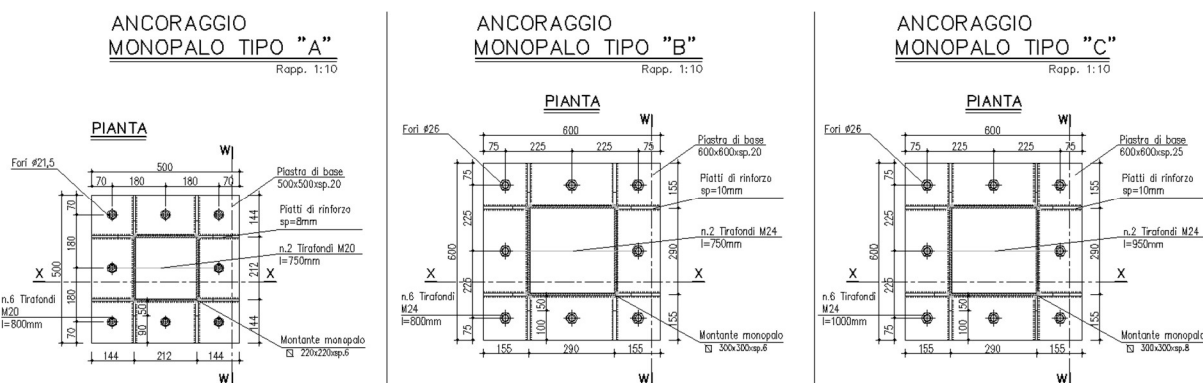


Figura 11-4. Giunto di base - Sez C

Nel seguito i dettagli della verifica condotta per la combinazione significativa agli SLU, ovvero, quella relativa alle massime sollecitazioni di trazione sui bulloni e di taglio.

Al fine di determinare lo stato sollecitativo assiale più gravoso sui bulloni, si è operato analizzando due possibili schemi resistenti. Il primo vede agenti i soli bulloni, sia sollecitati a trazione, sia a compressione. Il secondo opera nell'ipotesi di resistenza a sola trazione dei bulloni e di validità dell'ipotesi di conservazione della sezione piana. Si è quindi effettuata la verifica assumendo, cautelativamente, lo sforzo più severo determinato nelle due ipotesi precedenti. Per le verifiche delle tensioni nella piastra in acciaio e nelle lamiere di irrigidimento, invece, si è operato considerando la distribuzione di tensione determinata nella seconda ipotesi.

Nel seguito si riassumono le verifiche condotte sulla connessione nella combinazione significativa (SLU STR), già richiamata in precedenza.

Le analisi hanno interessato i vari meccanismi resistenti del sistema tirafondi-plinto in calcestruzzo, indagando le problematiche e criticità proprie sia della parte strutturale in acciaio, sia della parte in calcestruzzo.

In particolare, con riferimento alle EN 1992-4 nelle quali si dettagliano i metodi di progettazione degli ancoranti, si sono condotte le seguenti verifiche agli stati limite ultimi.

### Verifiche lato acciaio:

- Verifica per rottura indotta dall'azione di trazione sulla barra del tirafondo
- Verifica per rottura indotta da azioni di taglio, analizzando la condizione di puro tranciamento,

*Si precisa che l'effetto del braccio di leva non viene considerato, in quanto lo spessore della malta di allettamento risulta inferiore al 50% del diametro del tirafondo*

- Verifica di resistenza per azioni combinate assiale-tagliante

### Verifiche lato calcestruzzo (previste per ancoranti pre-installati):

- Verifica di resistenza del calcestruzzo per rottura del cono



- Verifica del meccanismo di rottura combinata per sfilamento e rottura conica
- Verifica del meccanismo di rottura per splitting
- Verifica del meccanismo di rottura pry-out
- Rottura del bordo di calcestruzzo per effetto delle forze orizzontali\*

Le verifiche hanno preso in conto la reale geometria del plinto di fondazione e dei tirafondi. In particolare, si è operato tenendo in considerazione l'effetto di gruppo generato dalla reciproca vicinanza dei tirafondi.

Per quanto riguarda le verifiche a fatica, con particolare riferimento alla natura delle azioni variabili, costituite dalla pressione del vento agente si è reso necessario reperire informazioni statistiche sulla variabilità ed intensità delle azioni attese durante il periodo di vita della struttura, pari a 50 anni.

In estrema sintesi, le verifiche a fatica vengono effettuate con l'impiego del metodo del danneggiamento cumulativo (EN 1993-1-9; Annesso A). A partire da informazioni statistiche, relative alla variabilità attesa per una certa azione durante il periodo di vita della struttura, attraverso l'utilizzo del "metodo del serbatoio", è possibile determinare uno spettro di variazione delle tensioni, nel quale vengono calcolati gli intervalli di variazione delle tensioni ed il relativo numero di cicli.

$$\Delta\sigma_i = |\sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}|$$

ampiezza dell'escursione delle tensioni, valutata per una determinata azione esterna agente ed associata ad un numero di cicli di ripetizione

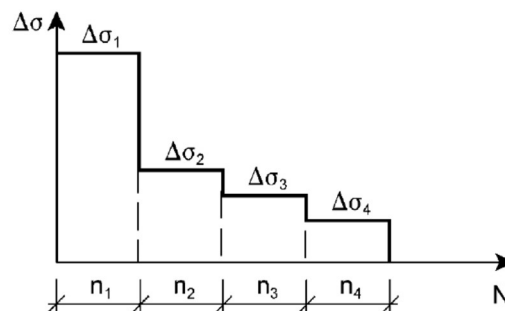


Figura 11-5. Spettro di variazione delle tensioni

Attraverso l'ausilio delle curve S-N di Wohler, si procede alla determinazione del numero di cicli a collasso associato a ciascun intervallo di variazione delle tensioni ad ampiezza costante, sia in termini di tensioni normali, sia in termini di tensioni tangenziali.



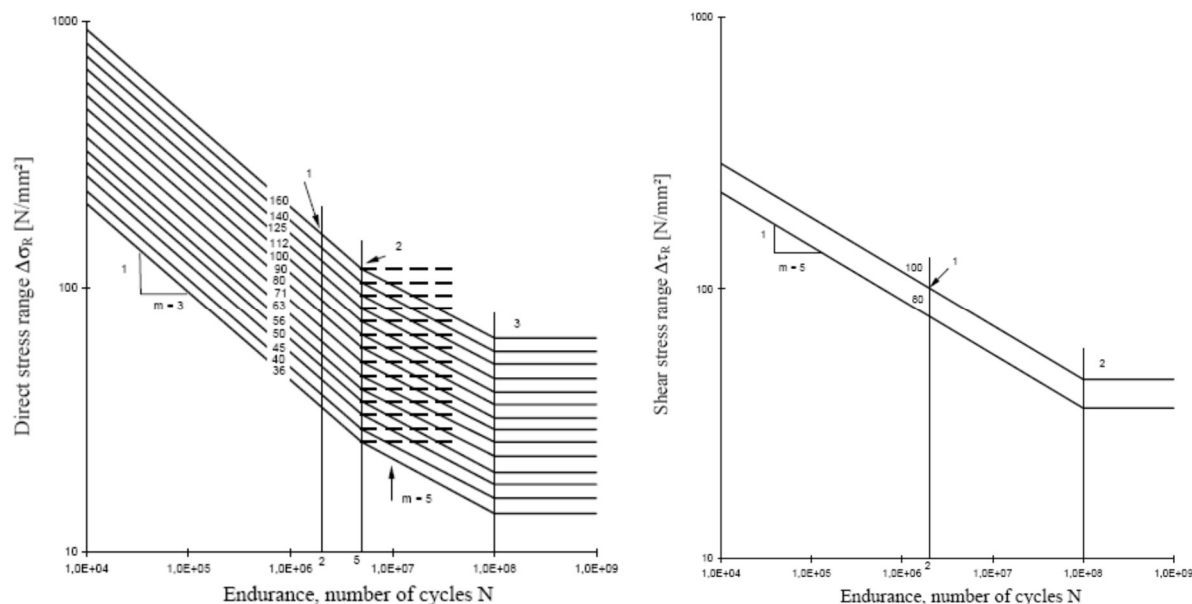


Figura 11-6. Curve di resistenza a fatica S-N per tensioni normali e tangenziali

Nell'immagine seguente si esemplifica la procedura schematica per la determinazione del numero di cicli a collasso, associato ad un determinato intervallo di variazione delle tensioni ad ampiezza costante:

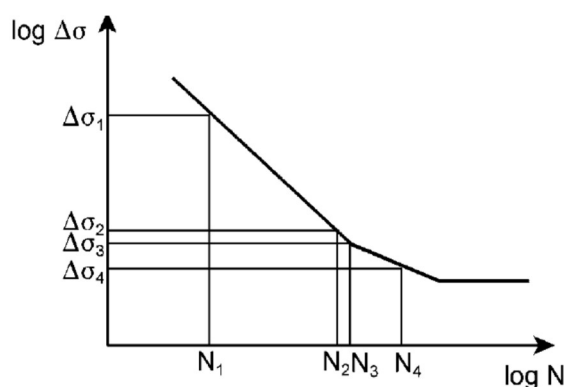


Figura 11-7. Determinazione del numero di cicli a rottura per  $\Delta\sigma$  assegnato

La verifica si conduce attraverso la quantificazione del danno prodotto da ciascun intervallo di variazione delle tensioni ad ampiezza costante e garantendo che la sommatoria lineare dei singoli addendi sia inferiore all'unità:

$$\sum \frac{n_i}{N_i} \leq D_d = 1.0 \quad (\text{Formula di Palmgren-Miner})$$

In ottemperanza a quanto previsto in normativa e nel N.A.D., e nell'ottica del concetto "safe life", si pone:

$$\gamma_{Ff} = 1$$

$$\gamma_{Mf} = 1.35 \quad \text{alta conseguenza a seguito della rottura del dettaglio}$$

La formula di verifica di Palmgren-Miner si modifica in:

$$\sum \frac{n_i \times \gamma_{Mf} \times \gamma_{Ff}}{N_i} \leq D_d = 1.0 \quad (\text{Verifica del danno cumulato})$$

In particolare, nel presente progetto l'unico dettaglio suscettibile a fenomeni di fatica risulta essere il collegamento alla base. Saranno quindi verificati i tirafondi e le saldature del profilo alla piastra di base.



In virtù di quanto sopra è possibile evincere, dall'annesso B dell'EN 1991-1-4 (B.3), le informazioni necessarie riguardo al numero di volte in cui il valore  $\Delta S$  di un effetto del vento è raggiunto o superato durante un periodo di 50 anni.

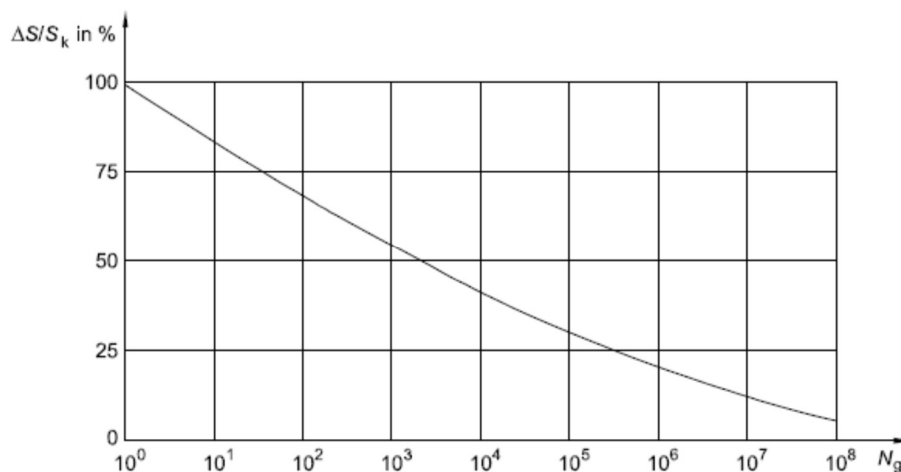


Figura 11-8. Numero di cicli di carico da raffica per un effetto  $\Delta S/S_k$

A partire dal grafico precedente, si è determinato lo spettro di variazione delle tensioni, discretizzando le informazioni in ascissa in 161 intervalli aventi, in scala logaritmica, ampiezza costante.

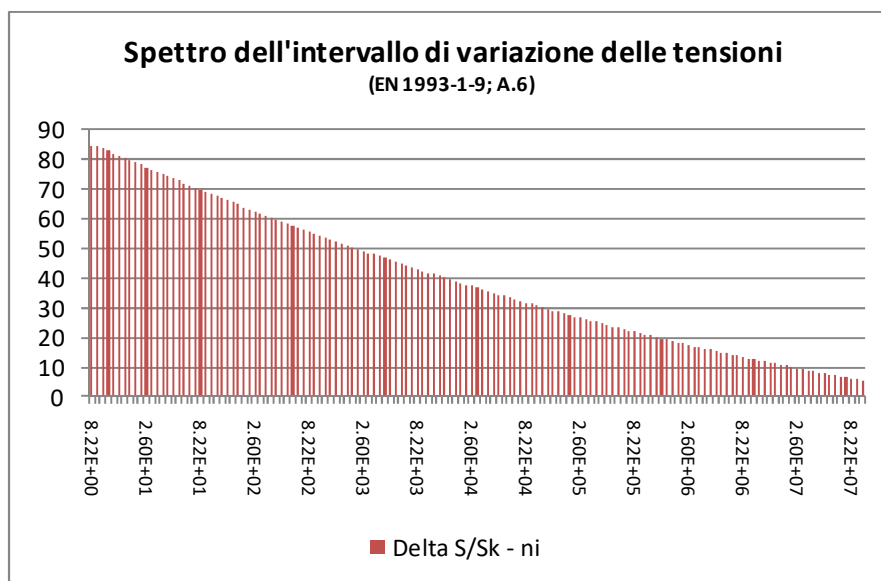


Figura 11-9. Numero di cicli di carico da raffica (cumulata) per un effetto  $\Delta S/S_k$

Si rimanda ai citati testi di riferimento per ulteriori informazioni riguardo le metodologie implementate e il significato della simbologia adottata.



## 11.5.1 Portale tipo A

### 11.5.1.1 Azioni e verifica sui tirafondi in combinazione statica SLU

Di seguito si riporta il calcolo dell'azione sui tirafondi di ancoraggio allo SLU.

Le caratteristiche della sollecitazione prese come dimensionanti (quelle del portale tipo A6) risultano le seguenti:

NEd	6.62	kN
MEd x	66.38	kNm
MEd y	5.33	kNm
VEd	23.34	kN
MEd	46.13	kNm

Il calcolo delle azioni sui singoli tirafondi viene effettuato considerando, cautelativamente, una sezione di calcestruzzo reagente ridotta, tramite il calcolo del T-stub. Nel caso specifico, l'altezza della sezione risulta pari a 0.413m. Infine, il calcolo viene svolto ricavando la forza di trazione sul tirafondo come somma delle trazioni indotte da due flessioni rette. A favore di sicurezza, le componenti delle due flessioni vengono sommate in valore assoluto su tutti i tirafondi.

Di seguito la valutazione della trazione sui singoli bulloni. A favore di sicurezza l'azione assiale di compressione non verrà considerata.

**Titolo:** [ ]

N° Vertici: [4] Zoom [5] Zoom [5]

N°	x [mm]	y [mm]
1	250	206.5
2	250	-206.5
3	-250	-206.5
4	-250	206.5

N° barre: [5] Zoom [5] Zoom [5]

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	353	180	43.5
2	353	180	-136.5
3	353	0	-136.5
4	353	-180	-136.5
5	353	-180	43.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N Ed: [0] kN  
M xEd: [66.38] kNm  
M yEd: [0] kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
Coord. [mm] xN: [0] yN: [43.5]

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. Metodo n

Materiali: B450C C35/45  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257 N/mm²

$\sigma_c$  -7.545 N/mm²  
 $\sigma_s$  198.5 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.9926 ‰  
d 343 mm  
x 124.5 x/d 0.3631  
 $\delta$  0.8939

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso [ ]

**Titolo:** [ ]

N° Vertici: [4] Zoom [5] Zoom [5]

N°	x [mm]	y [mm]
1	250	206.5
2	250	-206.5
3	-250	-206.5
4	-250	206.5

N° barre: [5] Zoom [5] Zoom [5]

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	353	180	43.5
2	353	180	-136.5
3	353	0	-136.5
4	353	-180	-136.5
5	353	-180	43.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N Ed: [0] kN  
M xEd: [5.33] kNm  
M yEd: [0] kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
Coord. [mm] xN: [0] yN: [43.5]

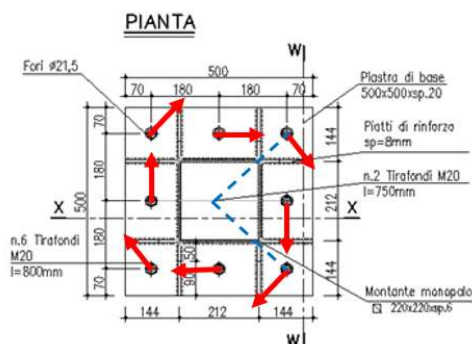
Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. Metodo n

Materiali: B450C C35/45  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257 N/mm²

$\sigma_c$  -0.6058 N/mm²  
 $\sigma_s$  15.94 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.0797 ‰  
d 343 mm  
x 124.5 x/d 0.3631  
 $\delta$  0.8939

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso [ ]



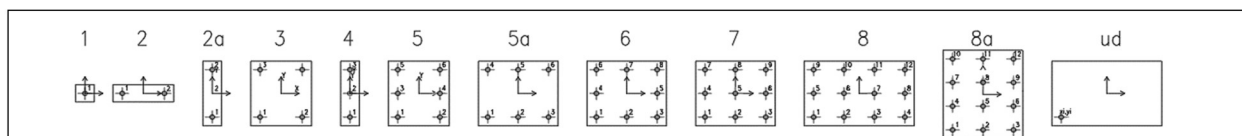
Di seguito, infine, il calcolo delle azioni compressive sui singoli tirafondi (da 1 a 8) allo SLU.



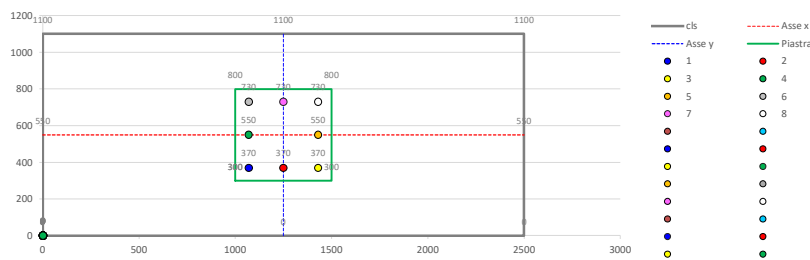
	x	y	$\alpha$	d	$d^2$	$V_y$	$V_{x,t}$	$V_{y,t}$	$V_{Ed,x}$	$V_{Ed,y}$	$V_{Ed}$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$N_{Ed}$
	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[Mpa]	[Mpa]	[kN]
1	-180	-180	135	255	64800	2.92	-21.36	21.36	-21.36	24.28	32.33	198.5	15.94	75.70
2	0	-180	180	180	32400	2.92	-21.36	0.00	-21.36	2.92	21.56	198.5	15.94	75.70
3	180	-180	225	255	64800	2.92	-21.36	-21.36	-21.36	-18.44	28.21	198.5	15.94	75.70
4	-180	0	90	180	32400	2.92	0.00	21.36	0.00	24.28	24.28	34.95	2.81	13.33
5	180	0	-90	180	32400	2.92	0.00	-21.36	0.00	-18.44	18.44	34.95	2.81	13.33
6	-180	180	45	255	64800	2.92	21.36	21.36	21.36	24.28	32.33	0	0	0.00
7	0	180	0	180	32400	2.92	21.36	0.00	21.36	2.92	21.56	0	0	0.00
8	180	180	-45	255	64800	2.92	21.36	-21.36	21.36	-18.44	28.21	0	0	0.00

Infine, si riporta il calcolo condotto per la verifica dell'ancoraggio del sistema di tirafondi.

VERIFICA ANCORAGGI [UNI-EN 1992-4]		TECNE Sustainable Engineering	
Inserire manualmente i dati di input richiesti all'utente nelle celle in rosso			
Condizione considerata →		SLU	
<b>MATERIALI</b>			
<b>Tipologia tirafondo</b>		meccanico	
Classe acciaio tirafondo		classe : 8.8 [-]	
Tipologia di installazione tirafondo/ancorante		pre-installati [-]	
Tirafondo passante o inglobato nel calcestruzzo (verifica con contropiastra)		non passante [-]	
Tensione caratteristica a rottura		fuk = 800 [MPa]	
Tensione caratteristica a snervamento		fyk = 640 [MPa]	
Diametro tirafondo		dnom = 24 [mm]	
Diametro del foro		d0 = 24 [mm]	
Area nominale singolo tirafondo		As = 452 [mm <sup>2</sup> ]	
Area efficace singolo tirafondo		Aeff = 353 [mm <sup>2</sup> ]	
<b>Classe calcestruzzo (cordolo e malta)</b>		cls : C35/45	
Stato del calcestruzzo		Fessurato = no [-]	
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica		fck = 35.00 [MPa]	
Resistenza cubica a compressione caratteristica		Rck = 45.00 [MPa]	
Coefficiente parziale di sicurezza cls		yc = 1.50 [-]	
Coefficiente cls lunga durata		acc = 0.85 [-]	
Resistenza cilindrica a compressione di calcolo		fcd = 19.83 [MPa]	
Resistenza a trazione media		fctm = 3.21 [MPa]	
Resistenza a trazione caratteristica		fctk = 2.25 [MPa]	
Resistenza a trazione di calcolo		fctd = 1.50 [MPa]	
Condizioni di aderenza		buona aderenza	
		η1 = 1.00 [-]	
		η2 = 1.00 [-]	
Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo di progetto		fbd = 3.37 [MPa]	
<b>Acciaio armatura integrativa</b>		tipo : B450C	
Resistenza caratteristica a rottura		ftk = 540 [MPa]	
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio		ys = 1.15 [-]	
Resistenza caratteristica a snervamento		fyk = 450 [MPa]	
Resistenza di calcolo a snervamento		fyd = 391 [MPa]	
<b>Acciaio piastra di base</b>		tipo : S355	
Resistenza caratteristica a rottura		ftk = 510 [MPa]	
Resistenza caratteristica a snervamento		fyk = 355 [MPa]	
Resistenza di calcolo a snervamento		fyd = 338 [MPa]	
<b>Acciaio rosetta</b>		tipo : S355	
Resistenza caratteristica a rottura		ftk = 510 [MPa]	
Resistenza caratteristica a snervamento		fyk = 355 [MPa]	
Resistenza di calcolo a snervamento		fyd = 338 [MPa]	
<b>GEOMETRIA DEL COLLEGAMENTO</b>			
<b>Dimensioni elemento cls di base</b>			
Larghezza	B = 1100 [mm]		
Lunghezza (interasse montanti)	L = 2500 [mm]		
Spessore elemento	H = 1300 [mm]	H > hef	-
Copri ferro	c = 50 [mm]		
Altezza utile	hu = 1250 [mm]		
Eccentricità dell'azione di trazione in direzione x	en1 = 0 [mm]		\$6.3
Eccentricità dell'azione di trazione in direzione y	en2 = 0 [mm]		\$6.3
Eccentricità dell'azione di taglio in direzione x	es1 = 0 [mm]		\$7.2.2.5
Eccentricità dell'azione di taglio in direzione y	es2 = 0 [mm]		\$7.2.2.5
<b>Dimensioni sistema di collegamento (se User Defined controllare le distanze c1)</b>			
Configurazione ancoranti (figura sottostante) (7 Configurazioni previste da EC2-4)		Configurazione : 6 [-]	
Numero tirafondi / ancoranti		nt = 8 [-]	
Interasse tra i tirafondi in direzione parallela al bordo		ix = 180 [mm]	
Interasse tra i tirafondi in direzione ortogonale al bordo		iy = 180 [mm]	
numero di interassi in direzione parallela al bordo		n° ix = 2 [-]	
numero di interassi in direzione ortogonale al bordo		n° iy = 2 [-]	
Distanza // al bordo (interasse minimo ammissibile)		s min = 96 [mm]	
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo		hef = 800 [mm]	
Ascissa baricentro collegamento rispetto a origine elemento cls di base		xpg = 1250 [mm]	
Ordinata baricentro collegamento rispetto a origine elemento cls di base		ypg = 550 [mm]	
Posizione dell'ancorante rispetto al bordo		ancorante con bordo da un solo lato	
Distanze ortogonali al bordo :		cminN = 370 [mm]	
		cmaxN = 730 [mm]	
		cminV = 370 [mm]	
		c2dx = 1070 [mm]	
		c2sx = 1070 [mm]	
Distanze parallele al bordo :		c1 < max(10hef; 60dnom) < 8000	
		valide per azione di taglio le configurazioni 1,2,3	
		8	







N.B. Azione di taglio agente dal basso verso l'alto (lungo asse y)

Piastra e allettamento			
Spessore della malta (grout)	tgrout = 12	[mm]	senza braccio di leva
Dimensione 1 piastra (parallela al bordo del cordolo)	Bp = 500	[mm]	
Dimensione 2 piastra (ortogonale al bordo del cordolo)	Lp = 500	[mm]	
Distanza 1 tra l'asse dei tirafondi/ancoranti e il bordo della piastra (ortogonale al bordo)	a = 70.0	[mm]	
Distanza 2 tra l'asse dei tirafondi/ancoranti e il bordo della piastra (parallela al bordo)	b = 70.0	[mm]	
Gioco del foro (hole clearance)	Presente		
Spessore della piastra	t fix = 20	[mm]	

<b>Geometria rosetta</b>	Ancorante con rosetta
Rosetta presente	si [-]
Diametro rosetta	dr = 120 [mm]
Spessore rosetta	tr = 20 [mm]

<b>CARATTERISTICHE DEL COLLEGAMENTO</b>	
Tecnologia ancoranti	chimici o a piolo
Tipo di vincolo dell'ancoraggio	pienamente vincolato
Elemento di collegamento (piastra) a contatto con l'ancorante per una lunghezza di almeno 0.5 t fix	si
Tipologia di fissaggio di una rondella o di un dado	fissati direttamente alla superficie di cls
Tipologia di ancorante (chimico o meccanico - verifica per rottura da pry-out)	a piolo o meccanici post-installati
Tipologia di fissaggio (con o senza armature supplementari a trazione) (Rottura del cono)	senza armatura supplementare
Tipologia di fissaggio (con o senza armature supplementari a taglio) (Rottura del bordo di cls)	senza armatura supplementare
Tipologia di fissaggio (con o senza armatura generica di bordo - Rottura del bordo di cls)	nessuna armatura di bordo

<b>AZIONI TRASMESSE DALL'ELEMENTO</b>	
Torsione trasmessa al collegamento	TEd = 46.13 [kNm]
Taglio trasmesso all'elemento collegato (gruppo di tirafondi)	VEd = 23.36 [kN]
Azione di trazione sul tirafondo di bordo	Nbor = 75.70 [kN]
Azione di trazione sul tirafondo intermedio	Nint = 75.70 [kN]
Numero tirafondi di bordo in trazione	ntb = 3 [-]
	Numero tirafondi di bordo = 3

<b>COEFFICIENTI PARZIALI PER LA RESISTENZA</b>	prospetto 4.1
--	---------------

<b>Rottura dell'acciaio - Ancoranti</b>	Trazione	$\gamma_{Ms}$ = 1.50 [-]	
	Taglio	$\gamma_{Ms}$ = 1.25 [-]	
<b>Rottura dell'acciaio - Armatura supplementare</b>		$\gamma_{Ms,re}$ = 1.15 [-]	
<b>Rottura del calcestruzzo</b>			
rottura del cono di calcestruzzo (T2)	$\gamma_{Mc} = \gamma_c \gamma_{inst}$	1.50 [-]	
rottura del bordo di calcestruzzo	$\gamma_c$	1.50 [-]	
rottura per blow-out e per pry-out del calcestruzzo	$\gamma_{inst}$	1.00 [-]	per ancoranti post-installati $\geq 1$ , vedere European Technical Product Specification
rottura per splitting del calcestruzzo	$\gamma_{Mtd} = \gamma_{Mc}$	1.50 [-]	
rottura per sfilamento e combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo	$\gamma_{fbp} = \gamma_{Mc}$	1.50 [-]	

<b>RIEPILOGO VERIFICHE</b>	Condizione : SLU
----------------------------	------------------




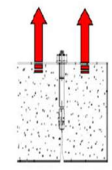
<b>CARICO DI TRAZIONE</b>	NRd [kN]	NEd [kN]	BN [%]	Applicabilità	Rif.
T1 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante	188.3	75.7	40%	Verifica richiesta	\$7.2.1.3
T2 - Rottura del cono di calcestruzzo	411.7	253.2	61%	Verifica richiesta	\$7.2.1.4
T3 - Rottura per sfilamento dell'ancorante	2660.0	75.7	3%	Verifica richiesta	\$7.2.1.5
T4 - Rottura combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.1.6
T5 - Rottura per "splitting" del calcestruzzo	435.4	253.2	58%	Verifica richiesta	\$7.2.1.7
T6 - Rottura per "blow out" del calcestruzzo	2745.0	253.2	9%	Verifica richiesta	\$7.2.1.8
T7 - Rottura dell'acciaio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.1.9.1
T8 - Rottura dell'ancoraggio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.1.9.2

<b>CARICO DI TAGLIO</b>	VRd [kN]	VED [kN]	βV [%]	Applicabilità	Rif.
S1 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante senza braccio di leva	113.0	32.3	29%	Verifica richiesta	\$7.2.2.3.1
S2 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante con braccio di leva	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.2.3.2
S3a - Rottura "pry-out" del calcestruzzo	185.1	32.3	17%	Verifica richiesta	\$7.2.2.4
S3b - Rottura "pry-out" del calcestruzzo (ancoranti soggetti a taglio agente in direzioni opposte)	185.1	32.3	17%	Verifica richiesta	\$7.2.2.4
S4 - Rottura del bordo del calcestruzzo (concrete edge failure)	134.5	73.7	55%	Verifica richiesta	\$7.2.2.5
S5 - Rottura dell'acciaio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.2.6.2
S6 - Rottura dell'ancoraggio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.2.6.3

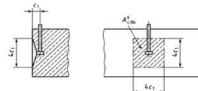
<b>VERIFICHE COMBinate</b>		β [%]	Applicabilità	Rif.
C1 - Rottura combinata a taglio e trazione (senza braccio di leva)	Rottura acciaio ancorante (β1 ≤ 1.00)	24%	Verifica richiesta	\$7.2.3.1
C1 - Rottura combinata a taglio e trazione	Modalità di rottura diverse dall'acciaio 1 (β2 ≤ 1.00)	89%	Verifica richiesta	\$7.2.3.1
C1 - Rottura combinata a taglio e trazione	Modalità di rottura diverse dall'acciaio 2 (β3 ≤ 1.20)	116%	Verifica richiesta	\$7.2.3.1
C2 - Rottura combinata a taglio e trazione con armatura supplementare	(NEd/NRd,i) <sup>k11</sup> + (VEd/VRd,i) <sup>k11</sup> ≤ 1	N/A	NON applicabile	\$7.2.3.2

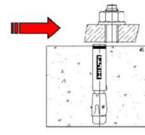
<b>VERIFICHE AGGIUNTIVE</b>		β [%]	Applicabilità	Rif.
A1 - Verifiche aggiuntive - Rosetta	Schiacciamento cls	35%	Verifica richiesta	-
A1 - Verifiche aggiuntive - Rosetta	Rottura per flessione	36%	Verifica richiesta	-
		c.s.	Applicabilità	Rif.
A2 - Verifiche aggiuntive - Piastra di base	Punzonamento	4.88	Verifica richiesta	-
A2 - Verifiche aggiuntive - Piastra di base	Rifollamento	>5	Verifica richiesta	-

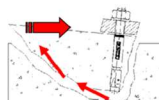



<b>T1 - ROTTURA DELL'ACCIAIO DELL'ANCORANTE (Steel failure of fastener)</b>		<b>§7.2.1.3</b>
$N_{Ed} \leq N_{Rk,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{M_s}$ Resistenza caratteristica singolo ancorante Resistenza di progetto singolo ancorante Azione assiale massima di sfilamento nel singolo ancorante <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	NRk,s = 282.4 [kN] NRd,s = 188.3 [kN] NEd = 75.70 [kN] <b><math>\beta N = 40\%</math> [-]</b>	
<b>T3 - RESISTENZA PER SFILAMENTO DELL'ANCORANTE (Pull-out failure of fastener)</b>		<b>§7.2.1.5</b>
(N.B. valida per ancoranti a piolo) Area portante della testa dell'ancorante Resistenza caratteristica in caso di rottura per sfilamento Resistenza di progetto in caso di rottura per sfilamento Azione assiale massima di sfilamento nel singolo ancorante <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	(N.B. per ancoranti meccanici e muniti di testa post-inseriti vedere specifica tecnica di prodotto) <b>Verifica applicabile:</b> $k_2 = 10.5$ [-] $A_h = 10857$ [mm <sup>2</sup> ] NRk,p = 3990 [kN] NRd,p = 2660.0 [kN] Nsd = 75.70 [kN] <b><math>\beta N = 3\%</math> [-]</b>	<b>Verifica richiesta</b> 
<b>T2 - ROTTURA DEL CONO DI CLS (Concrete cone failure)</b>		<b>§7.2.1.4</b>
$N_{Ed} \leq N_{Rk,c} = N_{Rk,c}/\gamma_{M_c}$ Coefficiente per calcestruzzo NON fessurato (pre-installati) Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante Interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Distanza del bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza del bordo sulla superficie di calcestruzzo Area di proiezione effettiva del cono di calcestruzzo limitata dalla sovrapposizione dei coni di calcestruzzo degli ancoranti adiacenti Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore di spalling della parete esterna, valido per hef < 100 mm, che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo ( $\psi_{re,N} = 1$ se si è in presenza di armatura, vedere 7.2.1.4(5)) Fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo quando diversi carichi di trazione agiscono sugli ancoranti del gruppo Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo Resistenza di progetto in caso di rottura del cono di calcestruzzo Forza di trazione sul gruppo di tirafondi <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	(N.B. verifica da condurre in assenza di armature integrative) Armatura suppl. <b>No</b> → $k_1 = 12.7$ [-] $N^0_{Rk,c} = 1700.1$ [kN] $Scr,N = 2400$ [mm] $Ccr,N = 1200$ [mm] $A^0_{c,N} = 5760000$ [mm <sup>2</sup> ] $Ac,N = 2640000$ [mm <sup>2</sup> ] $\psi_{S,N} = 0.79$ [-] $\psi_{re,N} = 1.00$ [-] $\psi_{ec,N} = 1.00$ [-] $\psi_{MN} = 1.00$ [-] $NRk,c = 617.5$ [kN] $NRd,c = 411.7$ [kN] $NEd = 253.2$ [kN] <b><math>\beta N = 61\%</math> [-]</b>	Verifica richiesta 
<b>T5 - ROTTURA PER SPLITTING DEL CALCESTRUZZO (Concrete splitting failure)</b>		<b>§7.2.1.7</b>
Coefficiente per calcestruzzo non fessurato Spessore minimo dell'elemento di calcestruzzo Spessore dell'elemento in calcestruzzo Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo Interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Distanza del bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza del bordo sulla superficie di calcestruzzo Area effettiva del cono di calcestruzzo di un ancorante sulla superficie di calcestruzzo Area di armatura necessaria in prossimità dei tasselli tesi per resistere alle forze di splitting Non è richiesta alcuna verifica se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni: Condizione b1 Condizione b2 Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico Fattore che considera l'influenza della reale profondità di infissione Valore iniziale della resistenza caratteristica dell'ancorante Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo Resistenza di progetto Forza di trazione sul gruppo di tirafondi <b>Coefficiente di sfruttamento</b> Numero di barre per ancorare per resistere alle forze di splitting Diametro delle barre Area delle barre	$k_4 = 0.5$ [-] $h_{min} = 848$ [mm] $H = 1300$ [mm] $hef = 800$ [mm] $Scr,Sp = 2680$ [mm] $Ccr,Sp = 1340$ [mm] $A^0_{c,N} = 7182400$ [mm <sup>2</sup> ] $Ac,N = 2651000$ [mm <sup>2</sup> ] $\Sigma a_{s,re} = 323.5$ [mm <sup>2</sup> ] $\psi_{S,N} = 0.78$ [-] $\psi_{re,N} = 1.00$ [-] $\psi_{ec,N} = 1.00$ [-] $\psi_{h,sp} = 1.33$ [-] $N^0_{Rk,sp} = 1700.1$ [kN] $NRk,sp = 653.1$ [kN] $NRd,sp = 435.4$ [kN] $NEd = 253.2$ [kN] <b><math>\beta N = 58\%</math> [-]</b> $n_{barre} = 4$ $\varnothing = 12$ [mm] $a_{s,re,i} = 452.4$	Rottura per frantumazione superficiale del cls sotto carico 



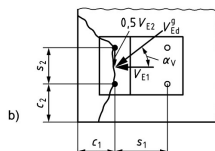
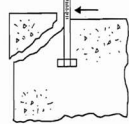
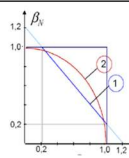
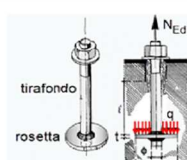
T6 - RESISTENZA ALL'ESPULSIONE DEL CLS (BLOW OUT)		(N.B. verifica da condurre per ancoranti a piolo e meccanismi sottosquadro post-inseriti)	§7.2.1.8
Stato del calcestruzzo Coefficiente per calcestruzzo non fessurato Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo c1 Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo c2 Interasse ancoraggi esterni Interasse minimo ammissibile (4d) Diametro ancorante Area portante della testa dell'ancorante Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo Area di riferimento proiettata per un singolo ancorante con una distanza dal bordo c1 Area effettiva di proiezione, limitata dalla sovrapposizione dei corpi di rottura di ancoranti adiacenti ( $s \leq 4c1$ ) e dalla prossimità ai bordi dell'elemento di calcestruzzo ( $c2 \leq 2c1$ ) o dallo spessore dell'elemento Fattore che considera la distorsione della distribuzione delle sollecitazioni nel cls a causa della vicinanza di un bordo dell'elemento di cls Fattore che considera l'effetto di gruppo di un numero di ancoranti n in una fila parallela al bordo Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di trazione agiscono sui singoli ancoranti del gruppo Valore iniziale della resistenza caratteristica dell'ancorante, non influenzata da ancoranti adiacenti o da altri bordi Resistenza caratteristica dell'ancorante, non influenzata da ancoranti adiacenti o da altri bordi Resistenza di progetto Forza di trazione sul gruppo di tirafondi	Verifica applicabile: no fessurato = k5 = 12.2 [-] c1 = 370 [mm] c2 = 1070 [mm] s2 = 180 [mm] s min = 96 [mm] d = 24 [mm] Ah = 10857 [mm <sup>2</sup> ] fck = 35 [MPa] A <sup>0</sup> c,Nb = 2190400 [mm <sup>2</sup> ] Ac,Nb = 1924000 [mm <sup>2</sup> ] ψs,Nb = 1.00 [-] ψg,Nb = 1.68 [-] ψec,Nb = 1.00 [-] N <sup>0</sup> Rk,cb = 2782.6 [kN] NRk,cb = 4117.4 [kN] NRd,cb = 2745.0 [kN] NEd = 253.8 [kN]	Verifica richiesta  (4 x c1) <sup>2</sup> Ac,N / A0c,N = 0.878 con s2 = 180 ≤ 1480 ψec,Nb = min{1; 1/[(1+2eN/4c1)]} N <sup>0</sup> Rk,cb = k5 x c1 x √Ah x √fck NRk,cb = NRk,cb x Ac,Nb/A0c,Nb (ψs,Nb ψg,Nb ψec,Nb) formula 7.27 valore suggerito: 2723200 formula 7.28 formula 7.29 formula 7.30 formula 7.26 formula 7.25	
Coefficiente di sfruttamento		βN = 9% [-]	

S1 - ROTTURA DELL'ACCIAIO DELL'ANCORANTE SENZA BRACCIO DI LEVA (Steel failure of fastener without lever arm)	Verifica applicabile :	Verifica richiesta	§7.2.2.3.1
Diametro del tirafondo Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo Spessore della malta Area efficace singolo tirafondo  Tensione nominale caratteristica a rottura Se hef/d<5 e classe CLS < C20/25 =0.8, altrimenti =1 Resistenza caratteristica iniziale del singolo ancorante Fattore di duttilità dell'acciaio Resistenza caratteristica del singolo ancorante Coefficiente parziale di sicurezza rottura acciaio Resistenza di calcolo del singolo ancorante Azione massima di taglio sul singolo ancorante	d = 24 [mm] hef = 650 [mm] tgrout = 12 [mm] As = 353 [mm <sup>2</sup> ] k6 = 0.5 [-] Ftk = 800 [MPa] 1.00 [-] V <sup>0</sup> Rk,s = 141.20 [kN] k7 = 1.0 [-] VRk,s = 141.20 [kN] γMs = 1.25 [-] VRd,s = 112.96 [kN] VED = 32.33 [kN]	 rottura a taglio dell'acciaio	formula 7.34  formule 7.35/7.36
Coefficiente di sfruttamento	βV = 29% [-]		

S3a - ROTTURA PER PRY-OUT DEL CALCESTRUZZO (Concrete pry-out failure)		Verifica applicabile :	Verifica richiesta	§7.2.2.4
$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$		$A^0c,N = 5760000 \text{ [mm}^2\text{]}$		
		$Ac,N = 593400 \text{ [mm}^2\text{]}$	$A0c,N / Ac,N = 0.103$	valore suggerito: 3036000
Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo		$k8 = 2.00 \text{ [-]}$	Vedi Specifica Tecnica Europea	
Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico		$\psi s,N = 0.79 \text{ [-]}$		
Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo		$\psi ec,N = 1.00 \text{ [-]}$	$\psi ec,N = \min\{1; 1 / [(1 + 2e1 / Scr,sp) * (1 + 2e2 / Scr,sp)]\}$	
Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale		$\psi re,N = 1.00 \text{ [-]}$	$\psi re,N = \min\{1; 0.5hef / 200\}$	
		$\psi_{Mm} = 1.00 \text{ [-]}$	(dalla specifica tecnica europea)	
Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone failure)		$NRk,c = 138.8 \text{ [kN]}$		
Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone pull-out + cone failure)		$NRk,p = 0.0 \text{ [kN]}$		
Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti chimici)		$VRk,cp = 0.0 \text{ [kN]}$		formule 7.39a/b
Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti a piolo o meccanici post-installati)		$VRk,cp = 277.6 \text{ [kN]}$		formule 7.39c/d
Resistenza di calcolo del singolo ancorante/del gruppo di ancoranti caricati a taglio		$VRd,s = 185.1 \text{ [kN]}$		
Azione massima di taglio sul singolo ancorante/sul gruppo di ancoranti		$V_{Ed} = 32.33 \text{ [kN]}$		
Coefficiente di sfruttamento		$\beta V = 17\% \text{ [-]}$	Rottura a strappo del calcestruzzo	

S3b - ROTTURA PER PRY-OUT DEL CALCESTRUZZO (Concrete pry-out failure)		Verifica applicabile :	Verifica richiesta	\$7.2.2.4
<p>Gruppo di 4 ancoranti senza influenza del bordo</p> <p><math>V_{Ed} \leq V_{Rd,sp} = V_{Rk,sp} / \gamma_{Mc}</math></p> <p>Per ancoranti caricati prevalentemente mediante un momento torcente, viene verificato l'ancorante più sfavorevole. Quando si calcolano le aree <math>A_{c,N}</math> e <math>A_{p,N}</math> si deve assumere la presenza di un bordo virtuale (<math>c = 0.5s</math>) nella direzione di uno o più ancoranti vicini.</p> <p>Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo</p> <p>Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico</p> <p>Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo</p> <p>Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone failure)</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone pull-out + cone failure)</p> <p>Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti chimici)</p> <p>Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti a piolo o meccanici post-installati)</p> <p>Resistenza di calcolo del singolo ancorante</p> <p>Azione massima di taglio sul singolo ancorante</p>		<p>configurazione: a)</p> <p><math>A^0_{c,N} = 5760000 \text{ [mm}^2\text{]}</math></p> <p><math>A_{c,N} = 593400 \text{ [mm}^2\text{]}</math></p> <p><math>k_8 = 2.00 \text{ [-]}</math></p> <p><math>\psi_{s,N} = 0.79 \text{ [-]}</math></p> <p><math>\psi_{ec,N} = 1.00 \text{ [-]}</math></p> <p><math>\psi_{re,N} = 1.00 \text{ [-]}</math></p> <p><math>\psi_{Mm} = 1.00 \text{ [-]}</math></p> <p><math>NR_{k,c} = 138.8 \text{ [kN]}</math></p> <p><math>NR_{k,p} = 115.3 \text{ [kN]}</math></p> <p><math>VR_{k,cp} = 230.6 \text{ [kN]}</math></p> <p><math>VR_{k,cp} = 277.6 \text{ [kN]}</math></p> <p><math>VR_{d,s} = 185.1 \text{ [kN]}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 32.33 \text{ [kN]}</math></p>	<p><math>A_{0c,N} / A_{c,N} = 0.103</math></p> <p>Vedi Specifica Tecnica Europea</p> <p><math>\psi_{ec,N} = \min\{1; 1/[(1+2e_1/Scr_{sp})*(1+2e_2/Scr_{sp})]\}</math></p> <p><math>\psi_{re,N} = \min\{1; 0.5hef/200\}</math></p> <p>(dalla specifica tecnica europea)</p>  <p>Rottura a strappo del calcestruzzo</p>	<p>valore suggerito: 1664100</p> <p>formule 7.39a/b formula 7.39c/d</p>
Coefficiente di sfruttamento		$\beta_V = 17\% \text{ [-]}$		



<p><b>Figura 7.12</b> <math>V_{E1} = 3 \times 21.36 \text{ kN} = 64.08 \text{ kN}</math> <math>V_{E2} = 3 \times 24.28 \text{ kN} = 72.84 \text{ kN}</math> <math>0.5 V_{E2} = 36.42 \text{ kN}</math> <math>V_{Edg} = \sqrt{V_{E1}^2 + (0.5 V_{E2})^2} = 73.71 \text{ kN}</math> <math>\alpha_v = \arctan(36.42/64.08) = 29.61^\circ</math></p>		 <p><b>Key</b> <math>V_{E1} = V_{Ed} \cos \alpha</math> <math>V_{E2} = V_{Ed} \sin \alpha</math></p>	
<b>S4 - ROTTURA DEL BORDO DEL CALCESTRUZZO (Concrete edge failure)</b>			
Armatura (non dedicata) di bordo presente →	NO	Armatura suppl. →	No
Spessore piastra	t = 20 [mm]	t lim = 162.5 [mm]	
Spessore limite piastra (per applicabilità della disposizioni del § 7.2.2.5)	k9 = 2.4 [-]	hef = 650 [mm]	
Coefficiente per calcestruzzo non fessurato	c1 = 370 [mm]	c2 = 1070 [mm]	
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo	s2 = 180 [mm]	d = 24 [mm]	
Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo (direzione perpendicolare al bordo)	if = 288 [mm]		
Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo (direzione parallela al bordo)			
Interasse ancoraggi in direzione parallela al bordo			
Diametro ancorante			
Atezza di affondamento in caso di diametro uniforme del gambo dell'ancorante munito di testa e di un diametro uniforme dell'ancorante post-inserito			
Area di base del cono di cls di un singolo ancorante sulla superficie laterale del cls	$A^0 c, V = 616050 \text{ [mm}^2\text{]}$		formula 7.44
Area effettiva della base del cono di calcestruzzo dell'ancorante sulla superficie laterale del calcestruzzo	$Ac, V = 605000 \text{ [mm}^2\text{]}$	$Ac, V / A^0 c, V = 0.982$	valore suggerito: 815850
Coefficiente funzione della profondità dell'ancoraggio	$\alpha = 0.09 \text{ [-]}$	$\alpha = 0.1 \times (if/c1)^{0.5}$	formula 7.42
Coefficiente funzione del diametro dell'ancoraggio	$\beta = 0.06 \text{ [-]}$	$\beta = 0.1 \times (d_{nom}/c1)^{0.5}$	formula 7.43
Fattore che considera l'influenza sulla resistenza a taglio della distribuzione delle sollecitazioni nel calcestruzzo per la vicinanza degli ancoranti ad ulteriori bordi dell'elemento di calcestruzzo	$\psi_{s, V} = 1.00 \text{ [-]}$	$\psi_{s, V} = 0.7 + 0.3 \times c2 / (1.5c1) \leq 1.00$	formula 7.45
Fattore che considera che la resistenza a taglio non diminuisca proporzionalmente allo spessore dell'elemento come ipotizzato nel rapporto $AcV / A^0 cV$	$\psi_{h, V} = 1.00 \text{ [-]}$	$\psi_{h, V} = (1.5xc1/h)^{0.5} \geq 1.00$	formula 7.46
Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di taglio agiscono sui singoli ancoranti del gruppo	$\psi_{ec, V} = 1.00 \text{ [-]}$	$\psi_{ec, V} = \min\{1; 1/[(1+2ex/3c1)^{1/3} / (1+2ey/3c1)]\}$	formula 7.47
Fattore che considera l'effetto dell'armatura situata sul bordo	$\psi_{re, V} = 1.00 \text{ [-]}$		
Angolo tra il carico applicato $V_{sd}$ e la direzione perpendicolare all'estremo libero dell'elemento di calcestruzzo $0^\circ \leq \alpha_v \leq 90^\circ$	$\alpha_v = 29.61 \text{ [}^\circ\text{]}$		
Fattore che tiene conto dell'influenza di un carico di taglio inclinato sul bordo in fase di valutazione della resistenza del bordo del calcestruzzo	$\psi_{\alpha, V} = 1.11 \text{ [-]}$	$\psi_{\alpha, V} = [1/(\cos \alpha_v)^2 + (0.5 \sin \alpha_v)^2]^{0.5} \geq 1$	formula 7.48
Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante	$V^0 R_{k, c} = 185.62 \text{ [kN]}$	$V^0 R_{k, c} = k9 \times d^3 \times if^0 \times \sqrt{f_{ck}} \times c1^{-1.5}$	formula 7.41
Resistenza caratteristica in caso di rottura del bordo di calcestruzzo	$VR_{k, c} = 201.7 \text{ [kN]}$	$VR_{k, c} = V^0 R_{k, c} \times Ac, V / A^0 c, V \times (\psi_{s, V} \psi_{h, V} \psi_{ec, V} \psi_{re, V} \psi_{\alpha, V})$	formula 7.40
Resistenza di progetto ancoranti	$VR_{d, c} = 134.5 \text{ [kN]}$		
Taglio agente sul gruppo di ancoranti	$VSd = 73.71 \text{ [kN]}$		
Coefficiente di sfruttamento	$\beta V = 55\% \text{ [-]}$		
<b>C1 - ROTTURA COMBINATA A TAGLIO E TRAZIONE</b>			
Tipologia di verifica a taglio: Senza braccio di leva		N.B. verifiche richieste per ancoranti muniti di testa e post-inseriti con e senza armatura supplementare	
Rottura acciaio ancorante	Verifica richiesta		
$(NEd/NRd, s)^2 + (VEd/VRd, s)^2 \leq 1$	$\beta 1 = 24\% \text{ [-]}$		
Modalità di rottura diverse dalla rottura dell'acciaio (rottura lato calcestruzzo)			
$(NEd/NRd, i)^{3/2} + (VEd/VRd, i)^{3/2} \leq 1$ oppure	$\beta 2 = 89\% \text{ [-]}$		formula 7.54
$(NEd/NRd, i) + (VEd/VRd, i) \leq 1.2$	$\beta 3 = 116\% \text{ [-]}$		formula 7.55 formula 7.56
<b>A1 - VERIFICHE AGGIUNTIVE - ROSETTA</b>			
Rottura per schiacciamento del calcestruzzo		N.B. per ancoranti muniti di rosetta	
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica	Verifica applicabile: $f_{ck} = 35 \text{ [MPa]}$	Verifica richiesta	
Coefficiente cls lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85 \text{ [-]}$		
Diametro rosetta	$d_h = 120 \text{ [mm]}$		
Spessore rosetta	$t_r = 20 \text{ [mm]}$		
Diametro del tirafondo	$d = 24 \text{ [mm]}$		
Area portante della testa dell'ancorante	$A_h = 10857 \text{ [mm}^2\text{]}$		
Resistenza caratteristica	$NR_k = 323.01 \text{ [kN]}$	$NR_k = A_h \times f_{ck} \times \alpha_{cc}$	
Resistenza di progetto	$NR_d = 215.34 \text{ [kN]}$		
Forza di trazione del singolo tirafondo	$NEd = 75.70 \text{ [kN]}$		
Coefficiente di sfruttamento	$\beta = 35.15\% \text{ [-]}$		
Rottura per flessione della rosetta			
Modulo di resistenza	$W = 1600 \text{ [mm}^3\text{]}$		
Luce di calcolo	$l = 48.00 \text{ [mm]}$		
Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo di progetto	$f_{bd} = 3.37 \text{ [MPa]}$		
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo	$hef = 650 \text{ [mm]}$		
Pressione di contatto rosetta	$q_{ros} = 6.97 \text{ [MPa]}$		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_M = 1.05 \text{ [-]}$		
Momento resistente caratteristico	$MR_k = 0.57 \text{ [kNm]}$		
Momento resistente	$MR_d = 0.54 \text{ [kNm]}$		
Momento sollecitante	$MEd = 0.19 \text{ [kNm]}$		
Coefficiente di sfruttamento	$\beta = 35.64\% \text{ [-]}$		
<b>A2 - VERIFICHE AGGIUNTIVE - PIASTRA DI BASE</b>			
Punzonamento	Verifica applicabile:	Verifica richiesta	
Spessore della piastra	$t = 20 \text{ [mm]}$		
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} = 510 \text{ [MPa]}$		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{M2} = 1.25 \text{ [-]}$		
Resistenza a punzonamento della piastra di base	$NR_d = 369.15 \text{ [kN]}$	$NR_d = (0.6 \times \pi \times d \times t \times f_{tk}) / \gamma_{M2}$	
Forza di trazione del singolo tirafondo	$NEd = 75.70 \text{ [kN]}$		
Coefficiente di sicurezza	$c.s. = 4.88 \text{ [-]}$		



<b>Rifollamento</b>	
Diametro del tirafondo	d = 24 [mm]
Diametro del foro	do = 24 [mm]
Distanza perpendicolare asse tirafondo - bordo	e1 = 30 [mm]
Distanza // asse tirafondo - bordo	e2 = 50 [mm]
Interasse tra i tirafondi in direzione parallela al bordo	i1 = 180 [mm]
Tensione caratteristica a rottura del tirafondo	ftbk = 800 [MPa]
Tensione caratteristica a rottura della piastra di base	ftk = 510 [MPa]
	α = 0.42 [-]
	k = 2.50 [-]
Resistenza a punzonamento della piastra di base	VRd = 204.00 [kN]
Forza di trazione del singolo tirafondo	VEd = 32.33 [kN]
Coefficiente di sicurezza	c.s. = 6.31 [-]

$$VRd = (k \times \alpha \times f_{tk} \times d \times t) / y_{M2}$$

### 11.5.1.2 Azioni sui tirafondi per verifica a fatica

Di seguito si riporta il calcolo dell'azione sui tirafondi di ancoraggio per l'azione del vento.

La massima azione flettente risulta pari a:  $M_{Ed,SLU} / \gamma_{vento} = 70.88 \text{ kNm} / 1.5 = 47.25 \text{ kNm}$ .

Tale valutazione viene effettuata considerando, cautelativamente, una sezione di calcestruzzo reagente ridotta, tramite il calcolo del T-stub. Nel caso specifico, l'altezza della sezione risulta pari a 0.413m.

Di seguito la valutazione della trazione mediante il software VCA SLU.

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici** 4 **Zoom** **N° barre** 5 **Zoom**

N°	x [mm]	y [mm]
1	250	206.5
2	250	-206.5
3	-250	-206.5
4	-250	206.5

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	353	180	43.5
2	353	180	-136.5
3	353	0	-136.5
4	353	-180	-136.5
5	353	-180	43.5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. **Metodo n**

**N** Ed 0 **0** kN  
**M** xEd 0 **47.25** kNm  
**M** yEd 0 **0**

**P.to applicazione N**  
☐ Centro ☐ Baricentro cls  
☒ Coord.[mm] xN 0 yN 43.5

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.  
☐ DXF

**Metodo di calcolo**  
☐ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☒ Metodo n

**Materiali**  
**B450C** **C35/45**  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
 τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -5.37 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 141.3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0.7065 ‰  
 d 343 mm  
 x 124.5 x/d 0.3631  
 δ 0.8939

**Verifica**  
 N° iterazioni: 4  
☐ Precompresso

La sollecitazione massima di trazione agente sui singoli tirafondi risulta pari a:

$$N_{Ed} = 49.87 \text{ kN} \quad (\sigma_{t,Ed} = 141.3 \text{ Mpa})$$

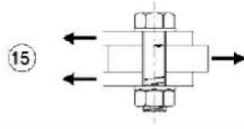
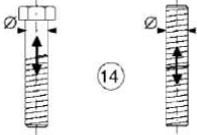
La massima sollecitazione di taglio sul bullone vale:

$$V_{Ed,Fatica} = V_{Ed,SLU} / 1.5 = 32.33 \text{ kN} / 1.5 = 21.55 \text{ kN}$$



### 11.5.1.3 Verifica a fatica dei tirafondi

Per i tirafondi si fa riferimento alle seguenti classi di dettaglio in accordo alla Circolare NTC 2018.

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
100		15) Bulloni sollecitati a taglio su uno o due piani non interessanti la parte filettata. - Bulloni calibrati - Bulloni normali di grado 5.6, 8.8 e 10.9 e assenza di inversioni di carico	$\Delta\tau$ calcolati in riferimento all'area del gambo
50		14) Bulloni e barre filettate soggetti a trazione. Per bulloni di diametro $\phi > 30$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente $k_s = (30/\phi)^{0.25}$	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione della parte filettata, considerando gli effetti dovuti all'effetto leva e alla flessione ulteriore. Per bulloni precaricati $\Delta\sigma$ possono essere ridotti.

I tirafondi saranno precaricati con una forza di trazione pari al 30% del massimo precarico ammissibile.

Inoltre, si considera, conservativamente, una perdita del precarico iniziale pari al 65%.

Nelle tabelle seguenti si riporta il calcolo del danneggiamento per i 161 intervalli considerati.

#### VERIFICA A DANNEGGIAMENTO PER L'AZIONE DEL VENTO - TIRAFONDI

##### Geometria tirafondo

d	mm	24	Diametro tirafondo
As	mm <sup>2</sup>	353	Area netta tirafondo
ftbk	MPa	800	Resistenza caratteristica a rottura dell'acciaio

##### Azioni sollecitanti e precarico

Ned	kN	49.87	Azioni sollecitante comb.RARA
Fp,c	kN	197.68	Massima forza di precarico da NTC
$\alpha$	%	30	Percentuale di precarico iniziale
P0	kN	59.30	Precarico a tempo zero $P_{inf} = \alpha \cdot F_{p,c}$
$\beta$	%	65	Perdita del precarico a lungo termine
Pinf	kN	20.76	Precarico a tempo infinito $P_{inf} = (1-\beta) \cdot P_0$
$\sigma_{p,inf}$	MPa	58.8	Tensione a tempo infinto per il precarico

##### Parametri verifica a danneggiamento

Sk	MPa	141.27	Tensione caratteristica per effetto del vento $Sk = Ned/As$
$\gamma M_f$	-	1.35	Coefficiente di sicurezza per fatica
$\Delta\sigma_c$	MPa	50	Classe del dettaglio di fatica
ks	-	1.00	Fattore di riduzione della classe (per bulloni $k_s = (30/\phi)^{0.25}$ )
$ks \cdot \Delta\sigma_c$	MPa	50.000	-
$\Delta\sigma_{c,r}$	MPa	37.037	Classe del dettaglio di fatica ridotto: $\Delta\sigma_{c,r} = \Delta\sigma_c / \gamma M_f$
$\Delta\sigma_d$	MPa	27.296	Limite di fatica ad ampiezza costante $N = 5 \times 10^6$ : $\Delta\sigma_d = 0,737 \Delta\sigma_{c,r}$
$\Delta\sigma_L$	MPa	14.986	Limite di fatica per $N > 10^8$ : $\Delta\sigma_L = 0,549 \Delta\sigma_d$
m	-	3	Esponente curve S-N
m+2	-	5	Esponente curve S-N
N1	-	2000000	Numero di cicli calcolo resistenza a fatica del dettaglio
N2	-	5000000	Numero di cicli per limite di fatica ad ampiezza costante
N3	-	10000000	Numero di cicli limite per i cacoli di fatica

Di seguito il dettaglio del calcolo.



Verifica a danneggiamento								Sum_Di
								0.0002
Log(Ng)	Ng	ΔNg	log(ΔNg)	ΔS/Sk	ΔS	ΔS-σp	Nr	D=ΔNg/Nr
-	-	-	-	-	Mpa	Mpa	-	-
0	1.00	0.12	-0.91	1.0000	141.27	82.47	181124	0.00000067
0.05	1.12	0.14	-0.86	0.9913	140.05	81.25	189451	0.00000072
0.1	1.26	0.15	-0.81	0.9827	138.83	80.03	198261	0.00000077
0.15	1.41	0.17	-0.76	0.9741	137.61	78.81	207586	0.00000083
0.2	1.58	0.19	-0.71	0.9655	136.40	77.60	217464	0.00000089
0.25	1.78	0.22	-0.66	0.9569	135.19	76.39	227934	0.00000095
0.3	2.00	0.24	-0.61	0.9484	133.99	75.19	239041	0.00000102
0.35	2.24	0.27	-0.56	0.9400	132.79	73.99	250830	0.00000109
0.4	2.51	0.31	-0.51	0.9315	131.60	72.80	263354	0.00000116
0.45	2.82	0.34	-0.46	0.9231	130.41	71.61	276668	0.00000124
0.5	3.16	0.39	-0.41	0.9148	129.23	70.43	290834	0.00000133
0.55	3.55	0.43	-0.36	0.9064	128.05	69.25	305918	0.00000142
0.6	3.98	0.49	-0.31	0.8981	126.88	68.08	321994	0.00000151
0.65	4.47	0.55	-0.26	0.8899	125.71	66.91	339140	0.00000161
0.7	5.01	0.61	-0.21	0.8816	124.55	65.75	357446	0.00000171
0.75	5.62	0.69	-0.16	0.8734	123.39	64.59	377006	0.00000182
0.8	6.31	0.77	-0.11	0.8653	122.24	63.44	397927	0.00000193
0.85	7.08	0.86	-0.06	0.8572	121.09	62.29	420324	0.00000206
0.9	7.94	0.97	-0.01	0.8491	119.95	61.15	444327	0.00000218
0.95	8.91	1.09	0.04	0.8410	118.81	60.01	470077	0.00000231
1	10.00	1.22	0.09	0.8330	117.68	58.88	497729	0.00000245
1.05	11.22	1.37	0.14	0.8250	116.55	57.75	527459	0.00000260
1.1	12.59	1.54	0.19	0.8171	115.43	56.63	559457	0.00000275
1.15	14.13	1.72	0.24	0.8092	114.31	55.51	593939	0.00000290
1.2	15.85	1.93	0.29	0.8013	113.20	54.40	631141	0.00000306
1.25	17.78	2.17	0.34	0.7934	112.09	53.29	671329	0.00000323
1.3	19.95	2.43	0.39	0.7856	110.99	52.19	714799	0.00000341
1.35	22.39	2.73	0.44	0.7779	109.89	51.09	761884	0.00000359
1.4	25.12	3.06	0.49	0.7701	108.80	50.00	812955	0.00000377
1.45	28.18	3.44	0.54	0.7624	107.71	48.91	868432	0.00000396
1.5	31.62	3.86	0.59	0.7548	106.63	47.83	928785	0.00000415
1.55	35.48	4.33	0.64	0.7471	105.55	46.75	994547	0.00000435
1.6	39.81	4.86	0.69	0.7395	104.48	45.68	1066321	0.00000456
1.65	44.67	5.45	0.74	0.7320	103.41	44.61	1144789	0.00000476
1.7	50.12	6.12	0.79	0.7244	102.34	43.54	1230730	0.00000497
1.75	56.23	6.86	0.84	0.7169	101.29	42.49	1325031	0.00000518
1.8	63.10	7.70	0.89	0.7095	100.23	41.43	1428705	0.00000539
1.85	70.79	8.64	0.94	0.7021	99.18	40.38	1542916	0.00000560
1.9	79.43	9.69	0.99	0.6947	98.14	39.34	1669002	0.00000581
1.95	89.13	10.87	1.04	0.6873	97.10	38.30	1808510	0.00000601
2	100.00	12.20	1.09	0.6800	96.07	37.27	1963227	0.00000622
2.05	112.20	13.69	1.14	0.6727	95.04	36.24	2135233	0.00000641
2.1	125.89	15.36	1.19	0.6655	94.01	35.21	2326954	0.00000660
2.15	141.25	17.24	1.24	0.6583	93.00	34.20	2541228	0.00000678
2.2	158.49	19.34	1.29	0.6511	91.98	33.18	2781396	0.00000695
2.25	177.83	21.70	1.34	0.6439	90.97	32.17	3051400	0.00000711
2.3	199.53	24.35	1.39	0.6368	89.97	31.17	3355915	0.00000725
2.35	223.87	27.32	1.44	0.6298	88.97	30.17	3700515	0.00000738
2.4	251.19	30.65	1.49	0.6227	87.97	29.17	4091875	0.00000749
2.45	281.84	34.39	1.54	0.6157	86.99	28.19	4538037	0.00000758
2.5	316.23	38.59	1.59	0.6088	86.00	27.20	5088176	0.00000758
2.55	354.81	43.29	1.64	0.6018	85.02	26.22	5712085	0.00000708
2.6	398.11	48.58	1.69	0.5949	84.05	25.25	6386230	0.00000658
2.65	446.68	54.50	1.74	0.5881	83.08	24.28	7083614	0.00000607
2.7	501.19	61.15	1.79	0.5812	82.11	23.31	7810023	0.00000556
2.75	562.34	68.62	1.84	0.5744	81.15	22.35	8575552	0.00000505
2.8	630.96	76.99	1.89	0.5677	80.20	21.40	9386291	0.00000456
2.85	707.95	86.38	1.94	0.5610	79.25	20.45	10249082	0.00000408
2.9	794.33	96.92	1.99	0.5543	78.30	19.50	11176282	0.00000361
2.95	891.25	108.75	2.04	0.5476	77.36	18.56	12271092	0.00000316
3	1000.00	122.02	2.09	0.5410	76.43	17.63	13439069	0.00000274
3.05	1122.02	136.91	2.14	0.5344	75.50	16.70	14686831	0.00000235
3.1	1258.93	153.61	2.19	0.5279	74.57	15.77	16027543	0.00000198
3.15	1412.54	172.36	2.24	0.5214	73.65	14.85	Inf.	0.00000000
3.2	1584.89	193.39	2.29	0.5149	72.74	13.94	Inf.	0.00000000
3.25	1778.28	216.98	2.34	0.5084	71.83	13.03	Inf.	0.00000000
3.3	1995.26	243.46	2.39	0.5020	70.92	12.12	Inf.	0.00000000
3.35	2238.72	273.17	2.44	0.4957	70.02	11.22	Inf.	0.00000000
3.4	2511.89	306.50	2.49	0.4893	69.13	10.33	Inf.	0.00000000
3.45	2818.38	343.89	2.54	0.4830	68.24	9.44	Inf.	0.00000000
3.5	3162.28	385.86	2.59	0.4768	67.35	8.55	Inf.	0.00000000
3.55	3548.13	432.94	2.64	0.4705	66.47	7.67	Inf.	0.00000000
3.6	3981.07	485.76	2.69	0.4643	65.60	6.80	Inf.	0.00000000
3.65	4466.84	545.04	2.74	0.4582	64.73	5.93	Inf.	0.00000000
3.7	5011.87	611.54	2.79	0.4520	63.86	5.06	Inf.	0.00000000
3.75	5623.41	686.16	2.84	0.4459	63.00	4.20	Inf.	0.00000000
3.8	6309.57	769.88	2.89	0.4399	62.14	3.34	Inf.	0.00000000
3.85	7079.46	863.82	2.94	0.4339	61.29	2.49	Inf.	0.00000000
3.9	7943.28	969.23	2.99	0.4279	60.45	1.65	Inf.	0.00000000
3.95	8912.51	1087.49	3.04	0.4219	59.61	0.81	Inf.	0.00000000
4	10000.00	1220.18	3.09	0.4160	58.77	-0.03	Inf.	0.00000000
4.05	11220.18	1369.07	3.14	0.4101	57.94	-0.86	Inf.	0.00000000
4.1	12589.25	1536.12	3.19	0.4043	57.11	-1.69	Inf.	0.00000000
4.15	14125.38	1723.56	3.24	0.3985	56.29	-2.51	Inf.	0.00000000
4.2	15848.93	1933.86	3.29	0.3927	55.48	-3.32	Inf.	0.00000000
4.25	17782.79	2169.83	3.34	0.3869	54.66	-4.14	Inf.	0.00000000
4.3	19952.62	2434.59	3.39	0.3812	53.86	-4.94	Inf.	0.00000000



4.35	22387.21	2731.65	3.44	0.3756	53.06	-5.74	Inf.	0.00000000
4.4	25118.86	3064.96	3.49	0.3699	52.26	-6.54	Inf.	0.00000000
4.45	28183.83	3438.95	3.54	0.3643	51.47	-7.33	Inf.	0.00000000
4.5	31622.78	3858.56	3.59	0.3588	50.68	-8.12	Inf.	0.00000000
4.55	35481.34	4329.38	3.64	0.3532	49.90	-8.90	Inf.	0.00000000
4.6	39810.72	4857.64	3.69	0.3477	49.12	-9.68	Inf.	0.00000000
4.65	44668.36	5450.36	3.74	0.3423	48.35	-10.45	Inf.	0.00000000
4.7	50118.72	6115.41	3.79	0.3368	47.59	-11.21	Inf.	0.00000000
4.75	56234.13	6861.60	3.84	0.3314	46.82	-11.98	Inf.	0.00000000
4.8	63095.73	7698.84	3.89	0.3261	46.07	-12.73	Inf.	0.00000000
4.85	70794.58	8638.25	3.94	0.3208	45.31	-13.49	Inf.	0.00000000
4.9	79432.82	9692.27	3.99	0.3155	44.57	-14.23	Inf.	0.00000000
4.95	89125.09	10874.91	4.04	0.3102	43.83	-14.97	Inf.	0.00000000
5	100000.00	12201.85	4.09	0.3050	43.09	-15.71	Inf.	0.00000000
5.05	112201.85	13690.70	4.14	0.2998	42.36	-16.44	Inf.	0.00000000
5.1	125892.54	15361.21	4.19	0.2947	41.63	-17.17	Inf.	0.00000000
5.15	141253.75	17235.56	4.24	0.2896	40.91	-17.89	Inf.	0.00000000
5.2	158489.32	19338.62	4.29	0.2845	40.19	-18.61	Inf.	0.00000000
5.25	177827.94	21698.29	4.34	0.2794	39.48	-19.32	Inf.	0.00000000
5.3	199526.23	24345.88	4.39	0.2744	38.77	-20.03	Inf.	0.00000000
5.35	223872.11	27316.53	4.44	0.2695	38.07	-20.73	Inf.	0.00000000
5.4	251188.64	30649.65	4.49	0.2645	37.37	-21.43	Inf.	0.00000000
5.45	281838.29	34389.47	4.54	0.2596	36.68	-22.12	Inf.	0.00000000
5.5	316227.77	38585.62	4.59	0.2548	35.99	-22.81	Inf.	0.00000000
5.55	354813.39	43293.78	4.64	0.2499	35.31	-23.49	Inf.	0.00000000
5.6	398107.17	48576.42	4.69	0.2451	34.63	-24.17	Inf.	0.00000000
5.65	446683.59	54503.64	4.74	0.2404	33.96	-24.84	Inf.	0.00000000
5.7	501187.23	61154.09	4.79	0.2356	33.29	-25.51	Inf.	0.00000000
5.75	562341.33	68616.02	4.84	0.2309	32.63	-26.17	Inf.	0.00000000
5.8	630957.34	76988.44	4.89	0.2263	31.97	-26.83	Inf.	0.00000000
5.85	707945.78	86382.45	4.94	0.2217	31.31	-27.49	Inf.	0.00000000
5.9	794328.23	96922.70	4.99	0.2171	30.67	-28.13	Inf.	0.00000000
5.95	891250.94	108749.06	5.04	0.2125	30.02	-28.78	Inf.	0.00000000
6	1000000.00	122018.45	5.09	0.2080	29.39	-29.41	Inf.	0.00000000
6.05	1122018.45	136906.96	5.14	0.2035	28.75	-30.05	Inf.	0.00000000
6.1	1258925.41	153612.13	5.19	0.1991	28.12	-30.68	Inf.	0.00000000
6.15	1412537.54	172355.65	5.24	0.1947	27.50	-31.30	Inf.	0.00000000
6.2	1584893.19	193386.22	5.29	0.1903	26.88	-31.92	Inf.	0.00000000
6.25	1778279.41	216982.90	5.34	0.1859	26.27	-32.53	Inf.	0.00000000
6.3	1995262.31	243458.82	5.39	0.1816	25.66	-33.14	Inf.	0.00000000
6.35	2238721.14	273165.29	5.44	0.1774	25.06	-33.74	Inf.	0.00000000
6.4	2511886.43	306496.50	5.49	0.1731	24.46	-34.34	Inf.	0.00000000
6.45	2818382.93	343894.73	5.54	0.1689	23.86	-34.94	Inf.	0.00000000
6.5	3162277.66	385856.23	5.59	0.1648	23.28	-35.52	Inf.	0.00000000
6.55	3548133.89	432937.81	5.64	0.1606	22.69	-36.11	Inf.	0.00000000
6.6	3981071.71	485764.22	5.69	0.1565	22.11	-36.69	Inf.	0.00000000
6.65	4466835.92	545036.41	5.74	0.1525	21.54	-37.26	Inf.	0.00000000
6.7	5011872.34	611540.92	5.79	0.1484	20.97	-37.83	Inf.	0.00000000
6.75	5623413.25	686160.19	5.84	0.1444	20.41	-38.39	Inf.	0.00000000
6.8	6309573.44	769884.40	5.89	0.1405	19.85	-38.95	Inf.	0.00000000
6.85	7079457.84	863824.50	5.94	0.1366	19.29	-39.51	Inf.	0.00000000
6.9	7943282.35	969227.03	5.99	0.1327	18.74	-40.06	Inf.	0.00000000
6.95	8912509.38	1087490.62	6.04	0.1288	18.20	-40.60	Inf.	0.00000000
7	10000000.00	1220184.54	6.09	0.1250	17.66	-41.14	Inf.	0.00000000
7.05	11220184.54	1369069.57	6.14	0.1212	17.12	-41.68	Inf.	0.00000000
7.1	12589254.12	1536121.33	6.19	0.1175	16.60	-42.20	Inf.	0.00000000
7.15	14125375.45	1723556.48	6.24	0.1138	16.07	-42.73	Inf.	0.00000000
7.2	15848931.92	1933862.18	6.29	0.1101	15.55	-43.25	Inf.	0.00000000
7.25	17782794.10	2169829.05	6.34	0.1064	15.04	-43.76	Inf.	0.00000000
7.3	19952623.15	2434588.24	6.39	0.1028	14.53	-44.27	Inf.	0.00000000
7.35	22387211.39	2731652.93	6.44	0.0993	14.02	-44.78	Inf.	0.00000000
7.4	25118864.32	3064965.00	6.49	0.0957	13.52	-45.28	Inf.	0.00000000
7.45	28183829.31	3438947.29	6.54	0.0922	13.03	-45.77	Inf.	0.00000000
7.5	31622776.60	3858562.32	6.59	0.0888	12.54	-46.26	Inf.	0.00000000
7.55	35481338.92	4329378.13	6.64	0.0853	12.05	-46.75	Inf.	0.00000000
7.6	39810717.06	4857642.16	6.69	0.0819	11.57	-47.23	Inf.	0.00000000
7.65	44668359.22	5450364.15	6.74	0.0786	11.10	-47.70	Inf.	0.00000000
7.7	50118723.36	6115409.16	6.79	0.0752	10.63	-48.17	Inf.	0.00000000
7.75	56234132.52	6861601.93	6.84	0.0719	10.16	-48.64	Inf.	0.00000000
7.8	63095734.45	7698843.99	6.89	0.0687	9.70	-49.10	Inf.	0.00000000
7.85	70794578.44	8638245.03	6.94	0.0655	9.25	-49.55	Inf.	0.00000000
7.9	79432823.47	9692270.34	6.99	0.0623	8.80	-50.00	Inf.	0.00000000
7.95	89125093.81	10874906.19	7.04	0.0591	8.35	-50.45	Inf.	0.00000000
8	100000000.00	100000000.00	8.00	0.0560	7.91	-50.89	Inf.	0.00000000
0.0002								

Come si può osservare il valore D del danneggiamento è pari a:

D=0.0002<1

La verifica è soddisfatta.



## VERIFICA A DANNEGGIAMENTO PER L'AZIONE DEL VENTO - TIRAFONDI - TAU

### Geometria chiave di taglio

d_tir	mm	24.00	Diametro tirafondi
Av	mm <sup>2</sup>	353.00	Area tirafondo

### Azioni sollecitanti e precarico

Ved	kN	21.55	Azioni tagliante comb.RARA
-----	----	-------	----------------------------

### Parametri verifica a danneggiamento

Sk	MPa	81.40	Tensione tangenziale caratteristica per effetto del vento $Sk = 4/3 \cdot Ved/Av$
$\gamma/Mf$	-	1.35	Coefficiente di sicurezza per fatica
$\Delta\tau_c$	MPa	100	Classe del dettaglio di fatica
$\Delta\tau_{c,r}$	MPa	74.074	Classe del dettaglio di fatica ridotto: $\Delta\tau_{c,r} = \Delta\tau_c/\gamma/Mf$
$\Delta\tau_L$	MPa	33.852	Limite di fatica per $N > 10^8$ : $\Delta\sigma_L = 0,457\Delta\tau_d$
m	-	5	Esponente curve S-N
N1	-	2000000	Numero di cicli calcolo resistenza a fatica del dettaglio
N2	-	10000000	Numero di cicli per limite di fatica ad ampiezza costante

Verifica a danneggiamento							Sum_Di
Log(Ng)	Ng	DNg	log(DNg)	DS/Sk	DS	Nr	D=ΔNg/Nr
-	-	-	-	-	Mpa	-	-
0	1.00	0.12	-0.91	1.0000	81.40	1248259	0.00000010
0.05	1.12	0.14	-0.86	0.9913	80.69	1303889	0.00000010
0.1	1.26	0.15	-0.81	0.9827	79.99	1362279	0.00000011
0.15	1.41	0.17	-0.76	0.9741	79.29	1423579	0.00000012
0.2	1.58	0.19	-0.71	0.9655	78.59	1487950	0.00000013
0.25	1.78	0.22	-0.66	0.9569	77.89	1555560	0.00000014
0.3	2.00	0.24	-0.61	0.9484	77.20	1626590	0.00000015
0.35	2.24	0.27	-0.56	0.9400	76.51	1701232	0.00000016
0.4	2.51	0.31	-0.51	0.9315	75.82	1779687	0.00000017
0.45	2.82	0.34	-0.46	0.9231	75.14	1862172	0.00000018
0.5	3.16	0.39	-0.41	0.9148	74.46	1948913	0.00000020
0.55	3.55	0.43	-0.36	0.9064	73.78	2040155	0.00000021
0.6	3.98	0.49	-0.31	0.8981	73.10	2136155	0.00000023
0.65	4.47	0.55	-0.26	0.8899	72.43	2237187	0.00000024
0.7	5.01	0.61	-0.21	0.8816	71.76	2343542	0.00000026
0.75	5.62	0.69	-0.16	0.8734	71.10	2455531	0.00000028
0.8	6.31	0.77	-0.11	0.8653	70.43	2573483	0.00000030
0.85	7.08	0.86	-0.06	0.8572	69.77	2697749	0.00000032
0.9	7.94	0.97	-0.01	0.8491	69.11	2828702	0.00000034
0.95	8.91	1.09	0.04	0.8410	68.46	2966740	0.00000037
1	10.00	1.22	0.09	0.8330	67.80	3112287	0.00000039
1.05	11.22	1.37	0.14	0.8250	67.15	3265794	0.00000042
1.1	12.59	1.54	0.19	0.8171	66.51	3427743	0.00000045
1.15	14.13	1.72	0.24	0.8092	65.86	3598647	0.00000048
1.2	15.85	1.93	0.29	0.8013	65.22	3779054	0.00000051
1.25	17.78	2.17	0.34	0.7934	64.58	3969548	0.00000055
1.3	19.95	2.43	0.39	0.7856	63.95	4170752	0.00000058
1.35	22.39	2.73	0.44	0.7779	63.32	4383332	0.00000062
1.4	25.12	3.06	0.49	0.7701	62.69	4608002	0.00000067
1.45	28.18	3.44	0.54	0.7624	62.06	4845519	0.00000071
1.5	31.62	3.86	0.59	0.7548	61.43	5096699	0.00000076
1.55	35.48	4.33	0.64	0.7471	60.81	5362411	0.00000081
1.6	39.81	4.86	0.69	0.7395	60.20	5643584	0.00000086
1.65	44.67	5.45	0.74	0.7320	59.58	5941215	0.00000092
1.7	50.12	6.12	0.79	0.7244	58.97	6256371	0.00000098



1.75	56.23	6.86	0.84	0.7169	58.36	6590193	0.00000104
1.8	63.10	7.70	0.89	0.7095	57.75	6943906	0.00000111
1.85	70.79	8.64	0.94	0.7021	57.15	7318822	0.00000118
1.9	79.43	9.69	0.99	0.6947	56.54	7716350	0.00000126
1.95	89.13	10.87	1.04	0.6873	55.95	8137999	0.00000134
2	100.00	12.20	1.09	0.6800	55.35	8585391	0.00000142
2.05	112.20	13.69	1.14	0.6727	54.76	9060267	0.00000151
2.1	125.89	15.36	1.19	0.6655	54.17	9564499	0.00000161
2.15	141.25	17.24	1.24	0.6583	53.58	10100097	0.00000171
2.2	158.49	19.34	1.29	0.6511	53.00	10669224	0.00000181
2.25	177.83	21.70	1.34	0.6439	52.41	11274208	0.00000192
2.3	199.53	24.35	1.39	0.6368	51.84	11917552	0.00000204
2.35	223.87	27.32	1.44	0.6298	51.26	12601954	0.00000217
2.4	251.19	30.65	1.49	0.6227	50.69	13330319	0.00000230
2.45	281.84	34.39	1.54	0.6157	50.12	14105781	0.00000244
2.5	316.23	38.59	1.59	0.6088	49.55	14931717	0.00000258
2.55	354.81	43.29	1.64	0.6018	48.99	15811773	0.00000274
2.6	398.11	48.58	1.69	0.5949	48.43	16749883	0.00000290
2.65	446.68	54.50	1.74	0.5881	47.87	17750298	0.00000307
2.7	501.19	61.15	1.79	0.5812	47.31	18817612	0.00000325
2.75	562.34	68.62	1.84	0.5744	46.76	19956791	0.00000344
2.8	630.96	76.99	1.89	0.5677	46.21	21173208	0.00000364
2.85	707.95	86.38	1.94	0.5610	45.66	22472678	0.00000384
2.9	794.33	96.92	1.99	0.5543	45.12	23861501	0.00000406
2.95	891.25	108.75	2.04	0.5476	44.57	25346502	0.00000429
3	1000.00	122.02	2.09	0.5410	44.04	26935082	0.00000453
3.05	1122.02	136.91	2.14	0.5344	43.50	28635269	0.00000478
3.1	1258.93	153.61	2.19	0.5279	42.97	30455780	0.00000504
3.15	1412.54	172.36	2.24	0.5214	42.44	32406080	0.00000532
3.2	1584.89	193.39	2.29	0.5149	41.91	34496459	0.00000561
3.25	1778.28	216.98	2.34	0.5084	41.39	36738105	0.00000591
3.3	1995.26	243.46	2.39	0.5020	40.86	39143195	0.00000622
3.35	2238.72	273.17	2.44	0.4957	40.35	41724987	0.00000655
3.4	2511.89	306.50	2.49	0.4893	39.83	44497928	0.00000689
3.45	2818.38	343.89	2.54	0.4830	39.32	47477768	0.00000724
3.5	3162.28	385.86	2.59	0.4768	38.81	50681693	0.00000761
3.55	3548.13	432.94	2.64	0.4705	38.30	54128466	0.00000800
3.6	3981.07	485.76	2.69	0.4643	37.79	57838586	0.00000840
3.65	4466.84	545.04	2.74	0.4582	37.29	61834467	0.00000881
3.7	5011.87	611.54	2.79	0.4520	36.79	66140631	0.00000925
3.75	5623.41	686.16	2.84	0.4459	36.30	70783927	0.00000969
3.8	6309.57	769.88	2.89	0.4399	35.81	75793776	0.00001016
3.85	7079.46	863.82	2.94	0.4339	35.31	81202440	0.00001064
3.9	7943.28	969.23	2.99	0.4279	34.83	87045323	0.00001113
3.95	8912.51	1087.49	3.04	0.4219	34.34	93361308	0.00001165
4	10000.00	1220.18	3.09	0.4160	33.86	100193136	0.00001218
4.05	11220.18	1369.07	3.14	0.4101	33.38	Inf.	0.00000000
4.1	12589.25	1536.12	3.19	0.4043	32.91	Inf.	0.00000000
4.15	14125.38	1723.56	3.24	0.3985	32.43	Inf.	0.00000000
4.2	15848.93	1933.86	3.29	0.3927	31.96	Inf.	0.00000000
4.25	17782.79	2169.83	3.34	0.3869	31.50	Inf.	0.00000000
4.3	19952.62	2434.59	3.39	0.3812	31.03	Inf.	0.00000000
4.35	22387.21	2731.65	3.44	0.3756	30.57	Inf.	0.00000000
4.4	25118.86	3064.96	3.49	0.3699	30.11	Inf.	0.00000000
4.45	28183.83	3438.95	3.54	0.3643	29.65	Inf.	0.00000000
4.5	31622.78	3858.56	3.59	0.3588	29.20	Inf.	0.00000000
4.55	35481.34	4329.38	3.64	0.3532	28.75	Inf.	0.00000000
4.6	39810.72	4857.64	3.69	0.3477	28.30	Inf.	0.00000000
4.65	44668.36	5450.36	3.74	0.3423	27.86	Inf.	0.00000000
4.7	50118.72	6115.41	3.79	0.3368	27.42	Inf.	0.00000000
4.75	56234.13	6861.60	3.84	0.3314	26.98	Inf.	0.00000000
4.8	63095.73	7698.84	3.89	0.3261	26.54	Inf.	0.00000000
4.85	70794.58	8638.25	3.94	0.3208	26.11	Inf.	0.00000000
4.9	79432.82	9692.27	3.99	0.3155	25.68	Inf.	0.00000000
4.95	89125.09	10874.91	4.04	0.3102	25.25	Inf.	0.00000000
5	100000.00	12201.85	4.09	0.3050	24.83	Inf.	0.00000000
5.05	112201.85	13690.70	4.14	0.2998	24.40	Inf.	0.00000000
5.1	125892.54	15361.21	4.19	0.2947	23.99	Inf.	0.00000000
5.15	141253.75	17235.56	4.24	0.2896	23.57	Inf.	0.00000000
5.2	158489.32	19338.62	4.29	0.2845	23.16	Inf.	0.00000000
5.25	177827.94	21698.29	4.34	0.2794	22.75	Inf.	0.00000000
5.3	199526.23	24345.88	4.39	0.2744	22.34	Inf.	0.00000000
5.35	223872.11	27316.53	4.44	0.2695	21.93	Inf.	0.00000000
5.4	251188.64	30649.65	4.49	0.2645	21.53	Inf.	0.00000000
5.45	281838.29	34389.47	4.54	0.2596	21.13	Inf.	0.00000000
5.5	316227.77	38585.62	4.59	0.2548	20.74	Inf.	0.00000000
5.55	354813.39	43293.78	4.64	0.2499	20.34	Inf.	0.00000000
5.6	398107.17	48576.42	4.69	0.2451	19.95	Inf.	0.00000000
5.65	446683.59	54503.64	4.74	0.2404	19.56	Inf.	0.00000000



5.7	501187.23	61154.09	4.79	0.2356	19.18	Inf.	0.00000000
5.75	562341.33	68616.02	4.84	0.2309	18.80	Inf.	0.00000000
5.8	630957.34	76988.44	4.89	0.2263	18.42	Inf.	0.00000000
5.85	707945.78	86382.45	4.94	0.2217	18.04	Inf.	0.00000000
5.9	794328.23	96922.70	4.99	0.2171	17.67	Inf.	0.00000000
5.95	891250.94	108749.06	5.04	0.2125	17.30	Inf.	0.00000000
6	1000000.00	122018.45	5.09	0.2080	16.93	Inf.	0.00000000
6.05	1122018.45	136906.96	5.14	0.2035	16.57	Inf.	0.00000000
6.1	1258925.41	153612.13	5.19	0.1991	16.20	Inf.	0.00000000
6.15	1412537.54	172355.65	5.24	0.1947	15.84	Inf.	0.00000000
6.2	1584893.19	193386.22	5.29	0.1903	15.49	Inf.	0.00000000
6.25	1778279.41	216982.90	5.34	0.1859	15.13	Inf.	0.00000000
6.3	1995262.31	243458.82	5.39	0.1816	14.78	Inf.	0.00000000
6.35	2238721.14	273165.29	5.44	0.1774	14.44	Inf.	0.00000000
6.4	2511886.43	306496.50	5.49	0.1731	14.09	Inf.	0.00000000
6.45	2818382.93	343894.73	5.54	0.1689	13.75	Inf.	0.00000000
6.5	3162277.66	385856.23	5.59	0.1648	13.41	Inf.	0.00000000
6.55	3548133.89	432937.81	5.64	0.1606	13.07	Inf.	0.00000000
6.6	3981071.71	485764.22	5.69	0.1565	12.74	Inf.	0.00000000
6.65	4466835.92	545036.41	5.74	0.1525	12.41	Inf.	0.00000000
6.7	5011872.34	611540.92	5.79	0.1484	12.08	Inf.	0.00000000
6.75	5623413.25	686160.19	5.84	0.1444	11.76	Inf.	0.00000000
6.8	6309573.44	769884.40	5.89	0.1405	11.43	Inf.	0.00000000
6.85	7079457.84	863824.50	5.94	0.1366	11.12	Inf.	0.00000000
6.9	7943282.35	969227.03	5.99	0.1327	10.80	Inf.	0.00000000
6.95	8912509.38	1087490.62	6.04	0.1288	10.49	Inf.	0.00000000
7	10000000.00	1220184.54	6.09	0.1250	10.17	Inf.	0.00000000
7.05	11220184.54	1369069.57	6.14	0.1212	9.87	Inf.	0.00000000
7.1	12589254.12	1536121.33	6.19	0.1175	9.56	Inf.	0.00000000
7.15	14125375.45	1723556.48	6.24	0.1138	9.26	Inf.	0.00000000
7.2	15848931.92	1933862.18	6.29	0.1101	8.96	Inf.	0.00000000
7.25	17782794.10	2169829.05	6.34	0.1064	8.66	Inf.	0.00000000
7.3	19952623.15	2434588.24	6.39	0.1028	8.37	Inf.	0.00000000
7.35	22387211.39	2731652.93	6.44	0.0993	8.08	Inf.	0.00000000
7.4	25118864.32	3064965.00	6.49	0.0957	7.79	Inf.	0.00000000
7.45	28183829.31	3438947.29	6.54	0.0922	7.51	Inf.	0.00000000
7.5	31622776.60	3858562.32	6.59	0.0888	7.22	Inf.	0.00000000
7.55	35481338.92	4329378.13	6.64	0.0853	6.94	Inf.	0.00000000
7.6	39810717.06	4857642.16	6.69	0.0819	6.67	Inf.	0.00000000
7.65	44668359.22	5450364.15	6.74	0.0786	6.39	Inf.	0.00000000
7.7	50118723.36	6115409.16	6.79	0.0752	6.12	Inf.	0.00000000
7.75	56234132.52	6861601.93	6.84	0.0719	5.86	Inf.	0.00000000
7.8	63095734.45	7698843.99	6.89	0.0687	5.59	Inf.	0.00000000
7.85	70794578.44	8638245.03	6.94	0.0655	5.33	Inf.	0.00000000
7.9	79432823.47	9692270.34	6.99	0.0623	5.07	Inf.	0.00000000
7.95	89125093.81	10874906.19	7.04	0.0591	4.81	Inf.	0.00000000
8	100000000.00	100000000.00	8.00	0.0560	4.56	Inf.	0.00000000
							0.0002381

Come si può osservare il valore D del danneggiamento è pari a

$D=0.0002<1$

La verifica è soddisfatta.



### 11.5.2 Portale tipo B

#### 11.5.2.1 Azioni e verifica sui tirafondi in combinazione statica SLU

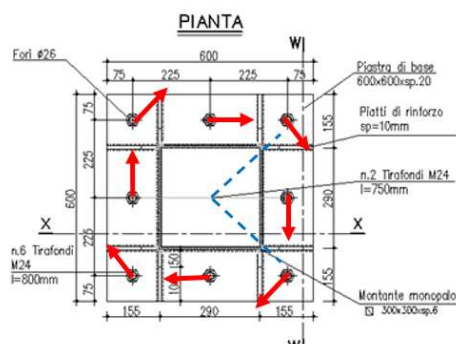
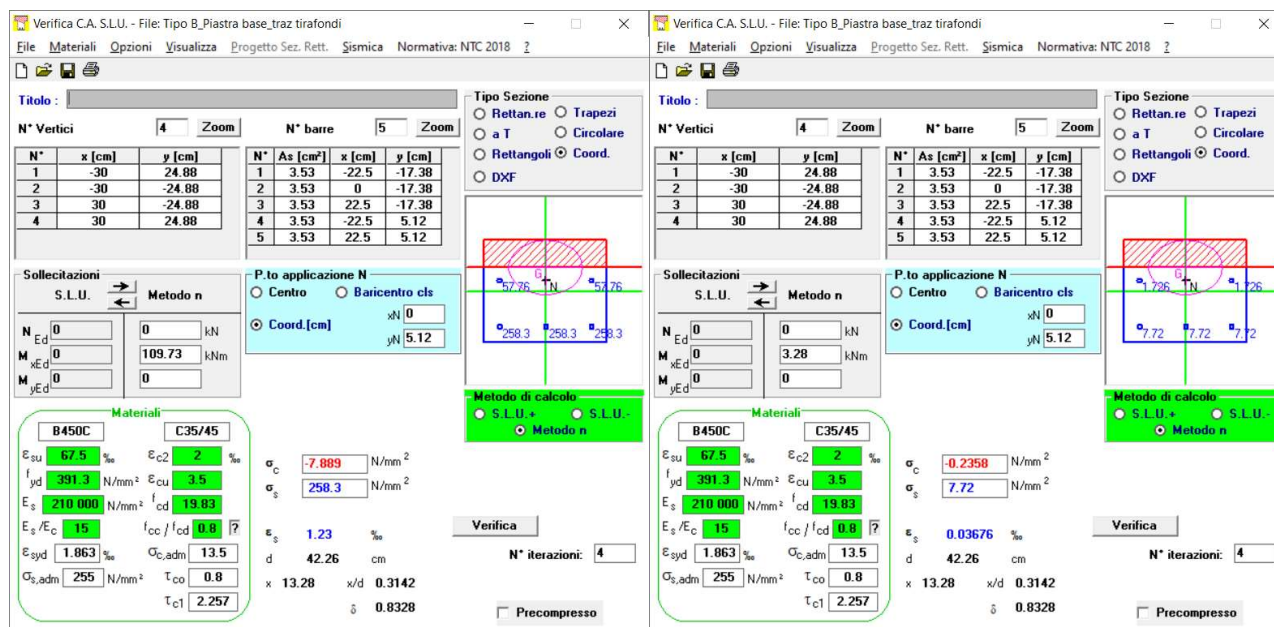
Di seguito si riporta il calcolo dell'azione sui tirafondi di ancoraggio allo SLU.

Le caratteristiche della sollecitazione prese come dimensionanti (quelle del portale tipo B2) risultano le seguenti:

NEd	8.72	kN
MEd x	109.73	kNm
MEd y	3.28	kNm
VEd	29.84	kN
MtEd	37.29	kNm

Il calcolo delle azioni sui singoli tirafondi viene effettuato considerando, cautelativamente, una sezione di calcestruzzo reagente ridotta, tramite il calcolo del T-stub. Nel caso specifico, l'altezza della sezione risulta pari a 0.498m. Infine, il calcolo viene svolto ricavando la forza di trazione sul tirafondo come somma delle trazioni indotte da due flessioni rette. A favore di sicurezza, le componenti delle due flessioni vengono sommate in valore assoluto su tutti i tirafondi.

Di seguito la valutazione della trazione sui singoli bulloni. A favore di sicurezza l'azione assiale di compressione non verrà considerata.



Di seguito, infine, il calcolo delle azioni complessive sui singoli tirafondi (da 1 a 8) allo SLU.



	x	y	$\alpha$	d	$d^2$	$V_y$	$V_t$	$V_{x,t}$	$V_{y,t}$	$V_{Ed,x}$	$V_{Ed,y}$	$V_{Ed}$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$N_{Ed}$
	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[Mpa]	[Mpa]	[kN]
1	-225	-225	135	318	101250	3.73	19.53	-13.81	13.81	-13.81	17.54	22.33	258.30	7.72	93.91
2	0	-225	180	225	50625	3.73	13.81	-13.81	0.00	-13.81	3.73	14.31	258.30	7.72	93.91
3	225	-225	225	318	101250	3.73	19.53	-13.81	-13.81	-13.81	-10.08	17.10	258.30	7.72	93.91
4	-225	0	90	225	50625	3.73	13.81	0.00	13.81	0.00	17.54	17.54	57.76	1.73	21.00
5	225	0	-90	225	50625	3.73	13.81	0.00	-13.81	0.00	-10.08	10.08	57.76	1.73	21.00
6	-225	225	45	318	101250	3.73	19.53	13.81	13.81	13.81	17.54	22.33	0.00	0.00	0.00
7	0	225	0	225	50625	3.73	13.81	13.81	0.00	13.81	3.73	14.31	0.00	0.00	0.00
8	225	225	-45	318	101250	3.73	19.53	13.81	-13.81	13.81	-10.08	17.10	0.00	0.00	0.00

Infine, si riporta il calcolo condotto per la verifica dell'ancoraggio del sistema di tirafondi.

## VERIFICA ANCORAGGI [UNI-EN 1992-4]

Inserire manualmente i dati di input richiesti all'utente nelle celle in rosso

Condizione considerata → SLU



### MATERIALI

#### Tipologia tirafondo

Classe acciaio tirafondo  
Tipologia di installazione tirafondo/ancorante  
Tirafondo passante o inglobato nel calcestruzzo (verifica con contropiastra)  
Tensione caratteristica a rottura  
Tensione caratteristica a snervamento  
Diametro tirafondo  
Diametro del foro  
Area nominale singolo tirafondo  
Area efficace singolo tirafondo

meccanico  
classe : 8.8 [-]  
pre-installati [-]  
non passante [-]  
fuk = 800 [MPa]  
fyk = 640 [MPa]  
dnom = 24 [mm]  
d0 = 24 [mm]  
As = 452 [mm<sup>2</sup>]  
Aeff = 353 [mm<sup>2</sup>]

#### Classe calcestruzzo (cordolo e malta)

Stato del calcestruzzo  
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica  
Resistenza cubica a compressione caratteristica  
Coefficiente parziale di sicurezza cls  
Coefficiente cls lunga durata  
Resistenza cilindrica a compressione di calcolo  
Resistenza a trazione media  
Resistenza a trazione caratteristica  
Resistenza a trazione di calcolo  
Condizioni di aderenza

cls : C35/45  
Fessurato = no [-]  
fck = 35.00 [MPa]  
Rck = 45.00 [MPa]  
yc = 1.50 [-]  
acc = 0.85 [-]  
fcd = 19.83 [MPa]  
fctm = 3.21 [MPa]  
fctk = 2.25 [MPa]  
fctd = 1.50 [MPa]  
buona aderenza  
η1 = 1.00 [-]  
η2 = 1.00 [-]  
fbd = 3.37 [MPa]

Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo di progetto

#### Acciaio armatura integrativa

Resistenza caratteristica a rottura  
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio  
Resistenza caratteristica a snervamento  
Resistenza di calcolo a snervamento

tipo : B450C  
ftk = 540 [MPa]  
ys = 1.15 [-]  
fyk = 450 [MPa]  
fyd = 391 [MPa]

#### Acciaio piastra di base

Resistenza caratteristica a rottura  
Resistenza caratteristica a snervamento  
Resistenza di calcolo a snervamento

tipo : S355  
ftk = 510 [MPa]  
fyk = 355 [MPa]  
fyd = 338 [MPa]

#### Acciaio rosetta

Resistenza caratteristica a rottura  
Resistenza caratteristica a snervamento  
Resistenza di calcolo a snervamento

tipo : S355  
ftk = 510 [MPa]  
fyk = 355 [MPa]  
fyd = 338 [MPa]

### GEOMETRIA DEL COLLEGAMENTO

#### Dimensioni elemento cls di base

Larghezza  
Lunghezza (interasse montanti)  
Spessore elemento  
Copriferro  
Altezza utile  
Eccentricità dell'azione di trazione in direzione x  
Eccentricità dell'azione di trazione in direzione y  
Eccentricità dell'azione di taglio in direzione x  
Eccentricità dell'azione di taglio in direzione y

B = 1200 [mm]  
L = 2900 [mm]  
H = 1500 [mm]  
c = 50 [mm]  
hu = 1450 [mm]  
en1 = 0 [mm]  
en2 = 0 [mm]  
es1 = 0 [mm]  
es2 = 0 [mm]

H > hef

\$6.3  
\$6.3  
\$7.2.2.5  
\$7.2.2.5

#### Dimensioni sistema di collegamento (se User Defined controllare le distanze c1)

Configurazione ancoranti (figura sottostante) (7 Configurazioni previste da EC2-4)  
Numero tirafondi / ancoranti  
Interasse tra i tirafondi in direzione parallela al bordo  
Interasse tra i tirafondi in direzione ortogonale al bordo  
numero di interassi in direzione parallela al bordo  
numero di interassi in direzione ortogonale al bordo  
Distanza // al bordo (interasse minimo ammissibile)  
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo  
Ascissa baricentro collegamento rispetto a origine elemento cls di base  
Ordinata baricentro collegamento rispetto a origine elemento cls di base  
Posizione dell'ancorante rispetto al bordo  
Distanze ortogonali al bordo :  
Distanze parallele al bordo :

Configurazione : 6 [-]  
nt = 8 [-]  
ix = 225 [mm]  
iy = 225 [mm]  
n° ix = 2 [-]  
n° iy = 2 [-]  
s min = 96 [mm]  
hef = 800 [mm]  
xpg = 1450 [mm]  
ypg = 600 [mm]  
ancorante con bordo da un solo lato  
cminN = 375 [mm]  
cmaxN = 825 [mm]  
cminV = 375 [mm]  
c2dx = 1225 [mm]  
c2sx = 1225 [mm]

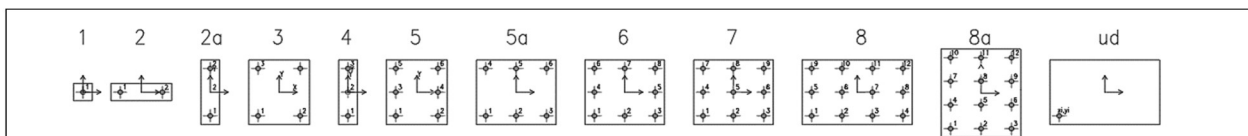
valide per azione di taglio le configurazioni 1,2,3

s min ≥ 96  
[hef > 40mm]

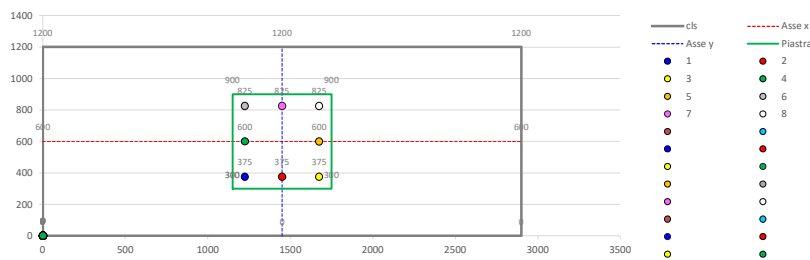
c1 < max(10hef; 60dnom) <

8

8000







N.B. Azione di taglio agente dal basso verso l'alto (lungo asse y)

<b>Piastra e allettamento</b>	
Spessore della malta (grout)	tgroat = 12 [mm]
Dimensione 1 piastra (parallela al bordo del cordolo)	Bp = 600 [mm]
Dimensione 2 piastra (ortogonale al bordo del cordolo)	Lp = 600 [mm]
Distanza 1 tra l'asse dei tirafondi/ancoranti e il bordo della piastra (ortogonale al bordo)	a = 75.0 [mm]
Distanza 2 tra l'asse dei tirafondi/ancoranti e il bordo della piastra (parallela al bordo)	b = 75.0 [mm]
Gioco del foro (hole clearance)	Presente
Spessore della piastra	t fix = 20 [mm]

<b>Geometria rosetta</b>	
Rosetta presente	Ancorante con rosetta
Diametro rosetta	si [-]
Spessore rosetta	dr = 120 [mm]
	tr = 20 [mm]

<b>CARATTERISTICHE DEL COLLEGAMENTO</b>	
Tecnologia ancoranti	chimici o a piolo
Tipo di vincolo dell'ancoraggio	pienamente vincolato
Elemento di collegamento (piastra) a contatto con l'ancorante per una lunghezza di almeno 0.5 t fix	si
Tipologia di fissaggio di una rondella o di un dado	fissati direttamente alla superficie di cls
Tipologia di ancorante (chimico o meccanico - verifica per rottura da pry-out)	a piolo o meccanici post-installati
Tipologia di fissaggio (con o senza armature supplementari a trazione) (Rottura del cono)	senza armatura supplementare
Tipologia di fissaggio (con o senza armature supplementari a taglio) (Rottura del bordo di cls)	senza armatura supplementare
Tipologia di fissaggio (con o senza armatura generica di bordo - Rottura del bordo di cls)	nessuna armatura di bordo




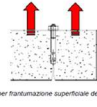
<b>AZIONI TRASMESSE DALL'ELEMENTO</b>	
Torsione trasmessa al collegamento	TEd = 37.29 [kNm]
Taglio trasmesso all'elemento collegato (gruppo di tirafondi)	VEd = 29.84 [kN]
Azione di trazione sul tirafondo di bordo	Nbor = 93.91 [kN]
Azione di trazione sul tirafondo intermedio	Nint = 93.91 [kN]
Numero tirafondi di bordo in trazione	ntb = 3 [-]
	Numero tirafondi di bordo = 3

<b>COEFFICIENTI PARZIALI PER LA RESISTENZA</b>	
<b>Rottura dell'acciaio - Ancoranti</b>	
Trazione	Y <sub>Ms</sub> = 1.50 [-]
Taglio	Y <sub>Ms</sub> = 1.25 [-]
<b>Rottura dell'acciaio - Armatura supplementare</b>	Y <sub>Ms/re</sub> = 1.15 [-]
<b>Rottura del calcestruzzo</b>	
rottura del cono di calcestruzzo (T2)	Y <sub>Mc</sub> = Y <sub>c</sub> Y <sub>inst</sub> = 1.50 [-]
rottura del bordo di calcestruzzo	Y <sub>c</sub> = 1.50 [-]
rottura per blow-out e per pry-out del calcestruzzo	Y <sub>inst</sub> = 1.00 [-]
rottura per splitting del calcestruzzo	Y <sub>Msp</sub> = Y <sub>Mc</sub> = 1.50 [-]
rottura per sfilamento e combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo	Y <sub>Msp</sub> = Y <sub>Mc</sub> = 1.50 [-]

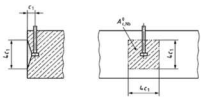
<b>RIEPILOGO VERIFICHE</b>	
<b>Condizione : SLU</b>	
<b>CARICO DI TRAZIONE</b>	<b>VRd [kN]</b>
<b>T1 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante</b>	188.3
<b>T2 - Rottura del cono di calcestruzzo</b>	449.8
<b>T3 - Rottura per sfilamento dell'ancorante</b>	2660.0
<b>T4 - Rottura combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo</b>	-
<b>T5 - Rottura per "splitting" del calcestruzzo</b>	775.6
<b>T6 - Rottura per "blow out" del calcestruzzo</b>	2957.2
<b>T7 - Rottura dell'acciaio dell'armatura supplementare</b>	-
<b>T8 - Rottura dell'ancoraggio dell'armatura supplementare</b>	-
<b>CARICO DI TAGLIO</b>	<b>VRd [kN]</b>
<b>S1 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante senza braccio di leva</b>	113.0
<b>S2 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante con braccio di leva</b>	-
<b>S3a - Rottura "pry-out" del calcestruzzo</b>	199.9
<b>S3b - Rottura "pry-out" del calcestruzzo (ancoranti soggetti a taglio agente in direzioni opposte)</b>	199.9
<b>S4 - Rottura del bordo del calcestruzzo (concrete edge failure)</b>	142.2
<b>S5 - Rottura dell'acciaio dell'armatura supplementare</b>	-
<b>S6 - Rottura dell'ancoraggio dell'armatura supplementare</b>	-

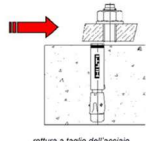
<b>VERIFICHE COMBINATE</b>	
<b>C1 - Rottura combinata a taglio e trazione (senza braccio di leva)</b>	Rottura acciaio ancorante (β1 ≤ 1.00)
<b>C1 - Rottura combinata a taglio e trazione</b>	Modalità di rottura diverse dall'acciaio 1 (β2 ≤ 1.00)
<b>C1 - Rottura combinata a taglio e trazione</b>	Modalità di rottura diverse dall'acciaio 2 (β3 ≤ 1.20)
<b>C2 - Rottura combinata a taglio e trazione con armatura supplementare</b>	(NEd/VRd,i) <sup>k11</sup> + (VEd/VRd,i) <sup>k11</sup> ≤ 1
<b>VERIFICHE AGGIUNTIVE</b>	
<b>A1 - Verifiche aggiuntive - Rosetta</b>	Schiacciamento cls
<b>A1 - Verifiche aggiuntive - Rosetta</b>	Rottura per flessione
<b>A2 - Verifiche aggiuntive - Piastra di base</b>	Punzonamento
<b>A2 - Verifiche aggiuntive - Piastra di base</b>	Rifollamento




<b>T1 - ROTTURA DELL'ACCIAIO DELL'ANCORANTE (Steel failure of fastener)</b>		<b>§7.2.1.3</b>
$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{M2}$ Resistenza caratteristica singolo ancorante Resistenza di progetto singolo ancorante Azione assiale massima di sfilamento nel singolo ancorante <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	NRk,s = 282.4 [kN] NRd,s = 188.3 [kN] NEd = 93.91 [kN] <b>BN = 50% [-]</b>	
<b>T3 - RESISTENZA PER SFILAMENTO DELL'ANCORANTE (Pull-out failure of fastener)</b>		<b>§7.2.1.5</b>
(N.B. per ancoranti meccanici e muniti di testa post-inseriti vedere specifica tecnica di prodotto) N.B. Valida per ancoranti a piolo Area portante della testa dell'ancorante Resistenza caratteristica in caso di rottura per sfilamento Resistenza di progetto in caso di rottura per sfilamento Azione assiale massima di sfilamento nel singolo ancorante <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	<b>Verifica applicabile:</b> k2 = 10.5 [-] Ah = 10857 [mm <sup>2</sup> ] NRk,p = 3990 [kN] NRd,p = 2660.0 [kN] Nsd = 93.91 [kN] <b>BN = 4% [-]</b>	<b>Verifica richiesta</b>  formula 7.12 formula 7.11
<b>T2 - ROTTURA DEL CONO DI CLS (Concrete cone failure)</b>		<b>§7.2.1.4</b>
(N.B. verifica da condurre in assenza di armature integrative) $N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = N_{Rk,c} / \gamma_{M2}$ Coefficiente per calcestruzzo NON fessurato (pre-installati) Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante Interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Distanza del bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza del bordo sulla superficie di calcestruzzo Area di proiezione effettiva del cono di calcestruzzo limitata dalla sovrapposizione dei coni di calcestruzzo degli ancoranti adiacenti Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore di spalling della parete esterna, valido per hef < 100 mm, che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo ( $\psi_{re,N} = 1$ se si è in presenza di armatura, vedere 7.2.1.4(5)) Fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo quando diversi carichi di trazione agiscono sugli ancoranti del gruppo Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo Resistenza di progetto in caso di rottura del cono di calcestruzzo Forza di trazione sul gruppo di tirafondi <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	<b>Verifica richiesta</b> Armatura suppl. No → k1 = 12.7 [-] N <sup>0</sup> Rk,c = 1700.1 [kN] Scr,N = 2400 [mm] Ccr,N = 1200 [mm] A <sup>0</sup> c,N = 5760000 [mm <sup>2</sup> ] Ac,N = 2880000 [mm <sup>2</sup> ] Ac,N / A0c,N = 0.5 ψS,N = 0.79 [-] ψre,N = 1.00 [-] ψec,N = 1.00 [-] ψMN = 1.00 [-] NRk,c = 674.7 [kN] NRd,c = 449.8 [kN] NEd = 323.7 [kN] <b>BN = 72% [-]</b>	 formula 7.2 formula 7.3 valore suggerito: 4488750 formula 7.4 formula 7.5 formula 7.6 formula 7.1
<b>T5 - ROTTURA PER SPLITTING DEL CALCESTRUZZO (Concrete splitting failure)</b>		<b>§7.2.1.7</b>
Coefficiente per calcestruzzo non fessurato Spessore minimo dell'elemento di calcestruzzo Spessore dell'elemento in calcestruzzo Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo Interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Distanza del bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza del bordo sulla superficie di calcestruzzo Area effettiva del cono di calcestruzzo di un ancorante sulla superficie di calcestruzzo Area di armatura necessaria in prossimità dei tasselli tesi per resistere alle forze di splitting Non è richiesta alcuna verifica se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni: Condizione b1 Condizione b2 Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico Fattore che considera l'influenza della reale profondità di infissione Valore iniziale della resistenza caratteristica dell'ancorante Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo Resistenza di progetto Forza di trazione sul gruppo di tirafondi <b>Coefficiente di sfruttamento</b>	k4 = 0.5 [-] hmin = 848 [mm] H = 1500 [mm] hef = 800 [mm] Scr,Sp = 1960 [mm] Ccr,Sp = 980 [mm] A <sup>0</sup> c,N = 3841600 [mm <sup>2</sup> ] Ac,N = 2352000 [mm <sup>2</sup> ] Ac,N / A0c,N = 0.612 Σas,re = 413.7 [mm <sup>2</sup> ] Σas,re = k4[ΣNEd/(fyk/γMs,re)] Verifica richiesta ψS,N = 0.81 [-] ψre,N = 1.00 [-] ψec,N = 1.00 [-] ψh,sp = 1.37 [-] N <sup>0</sup> Rk,sp = 1700.1 [kN] NRk,sp = 1163.4 [kN] NRd,sp = 775.6 [kN] NEd = 323.7 [kN] <b>BN = 42% [-]</b>	 valore suggerito: 2892000 formula 7.22 formula 7.24 formula 7.23
Numero di barre per ancorante per resistere alle forze di splitting Diametro delle barre Area delle barre	nbarre = 4 Ø = 12 [mm] As,re,i = 452.4 Ø ≤ 16 ✓	



T6 - RESISTENZA ALL'ESPULSIONE DEL CLS (BLOW OUT)		(N.B. verifica da condurre per ancoranti a piolo e meccanismi sottosquadro post-inserti)		§7.2.1.8
Stato del calcestruzzo Coefficiente per calcestruzzo non fessurato Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo c1 Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo c2 Interasse ancoraggi esterni Interasse minimo ammissibile (4d) Diametro ancorante Area portante della testa dell'ancorante Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo	Verifica applicabile: no fessurato = k5 = 12.2 [-] c1 = 375 [mm] c2 = 1225 [mm] s2 = 225 [mm] s min = 96 [mm] d = 24 [mm] Ah = 10857 [mm <sup>2</sup> ] fck = 35 [MPa]	Verifica richiesta 		
Area di riferimento proiettata per un singolo ancorante con una distanza dal bordo c1	A <sup>0</sup> c,Nb = 2250000 [mm <sup>2</sup> ]	(4 x c1) <sup>2</sup>		formula 7.27
Area effettiva di proiezione, limitata dalla sovrapposizione dei corpi di rottura di ancoranti adiacenti (s≤4c1) e dalla prossimità ai bordi dell'elemento di calcestruzzo (c2≤2c1) o dallo spessore dell'elemento	Ac,Nb = 2100000 [mm <sup>2</sup> ]	Ac,N / A0c,N = 0.933		valore suggerito: 2925000
Fattore che considera la distorsione della distribuzione delle sollecitazioni nel cls a causa della vicinanza di un bordo dell'elemento di cls	ψs,Nb = 1.00 [-]	con s2 = 225≤1500		formula 7.28
Fattore che considera l'effetto di gruppo di un numero di ancoranti n in una fila parallela al bordo	ψg,Nb = 1.69 [-]			formula 7.29
Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di trazione agiscono sui singoli ancoranti del gruppo	ψec,Nb = 1.00 [-]	ψec,Nb = min{1; 1/[1+2*eN/Ac1]}		formula 7.30
Valore iniziale della resistenza caratteristica dell'ancorante, non influenzata da ancoranti adiacenti o da altri bordi	N <sup>0</sup> Rk,cb = 2820.2 [kN]	N <sup>0</sup> Rk,cb = k5 x c1 x √Ah x √fck		formula 7.26
Resistenza caratteristica dell'ancorante, non influenzata da ancoranti adiacenti o da altri bordi	NRk,cb = 4435.8 [kN]	N <sup>0</sup> Rk,cb = N <sup>0</sup> Rk,cb x Ac,Nb/A0c,Nb (ψs,Nb ψg,Nb ψec,Nb)		formula 7.25
Resistenza di progetto	NRd,cb = 2957.2 [kN]			
Forza di trazione sul gruppo di tirafondi	NEd = 323.7 [kN]			
Coefficiente di sfruttamento	βN = 11% [-]			

S1 - ROTTURA DELL'ACCIAIO DELL'ANCORANTE SENZA BRACCIO DI LEVA (Steel failure of fastener without lever arm)		Verifica applicabile :	Verifica richiesta	§7.2.2.3.1
Diametro del tirafondo Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo Spessore della malta Area efficace singolo tirafondo  Tensione nominale caratteristica a rottura Se hef/d<5 e classe CLS < C20/25 =0.8, altrimenti =1 Resistenza caratteristica iniziale del singolo ancorante Fattore di duttilità dell'acciaio Resistenza caratteristica del singolo ancorante Coefficiente parziale di sicurezza acciaio Resistenza di calcolo del singolo ancorante Azione massima di taglio sul singolo ancorante	Verifica applicabile : d = 24 [mm] hef = 650 [mm] tgrout = 12 [mm] As = 353 [mm <sup>2</sup> ] k6 = 0.5 [-] Ftk = 800 [MPa] 1.00 [-] V <sup>0</sup> Rk,s = 141.20 [kN] k7 = 1.0 [-] VRk,s = 141.20 [kN] γMs = 1.25 [-] VRd,s = 112.96 [kN] VED = 22.33 [kN]	Verifica richiesta 	formula 7.34  formule 7.35/7.36	
Coefficiente di sfruttamento	βV = 20% [-]			

S3a - ROTTURA PER PRY-OUT DEL CALCESTRUZZO (Concrete pry-out failure)		Verifica applicabile :	Verifica richiesta	§7.2.2.4
V <sub>Ed</sub> ≤ V <sub>Rd,cp</sub> = V <sub>Rk,cp</sub> /γ <sub>M,c</sub>  Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone failure) Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone pull-out + cone failure) Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti chimici) Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti a piolo o meccanici post-installati) Resistenza di calcolo del singolo ancorante/del gruppo di ancoranti caricati a taglio Azione massima di taglio sul singolo ancorante/sul gruppo di ancoranti	Verifica applicabile : A <sup>0</sup> c,N = 5760000 [mm <sup>2</sup> ] Ac,N = 639843.75 [mm <sup>2</sup> ] k8 = 2.00 [-] ψs,N = 0.79 [-] ψec,N = 1.00 [-] ψre,N = 1.00 [-] ψ <sub>MN</sub> = 1.00 [-] NRk,c = 149.9 [kN] NRk,p = 175.8 [kN] VRk,cp = 299.8 [kN] VRk,sp = 299.8 [kN] VRd,s = 199.9 [kN] VED = 22.33 [kN]	Verifica richiesta A0c,N / Ac,N = 0.111 Vedi Specifica Tecnica Europea ψec,N = min{1; 1/[1+2e1/Scr,sp]*(1+2e2/Scr,sp)} ψre,N = min{1;0.5hef/200} (dalla specifica tecnica europea) 	valore suggerito: 3420000  formule 7.39a/b formule 7.39c/d	
Coefficiente di sfruttamento	βV = 11% [-]			


S3b - ROTTURA PER PRY-OUT DEL CALCESTRUZZO (Concrete pry-out failure)		Verifica applicabile :	Verifica richiesta	§7.2.2.4
Gruppo di 4 ancoranti senza influenza del bordo V <sub>Ed</sub> ≤ V <sub>Rd,cp</sub> = V <sub>Rk,cp</sub> /γ <sub>M,c</sub> Per ancoranti caricati prevalentemente mediante un momento torcente, viene verificato l'ancorante più sfavorevole. Quando si calcolano le aree Ac,N e A <sub>p</sub> ,N si deve assumere la presenza di un bordo virtuale (c = 0.5s) nella direzione di uno o più ancoranti vicini.  Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone failure) Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone pull-out + cone failure) Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti chimici) Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti a piolo o meccanici post-installati) Resistenza di calcolo del singolo ancorante Azione massima di taglio sul singolo ancorante	Verifica applicabile : configurazione: a) A <sup>0</sup> c,N = 5760000 [mm <sup>2</sup> ] Ac,N = 639843.75 [mm <sup>2</sup> ] k8 = 2.00 [-] ψs,N = 0.79 [-] ψec,N = 1.00 [-] ψre,N = 1.00 [-] ψ <sub>MN</sub> = 1.00 [-] NRk,c = 149.9 [kN] NRk,p = 122.0 [kN] VRk,cp = 244.1 [kN] VRk,sp = 299.8 [kN] VRd,s = 199.9 [kN] VED = 22.33 [kN]	Verifica richiesta A0c,N / Ac,N = 0.111 Vedi Specifica Tecnica Europea ψec,N = min{1; 1/[1+2e1/Scr,sp]*(1+2e2/Scr,sp)} ψre,N = min{1;0.5hef/200} (dalla specifica tecnica europea) 	valore suggerito: 1722660  formule 7.39a/b formule 7.39c/d	
Coefficiente di sfruttamento	βV = 11% [-]			

Figura 7.12

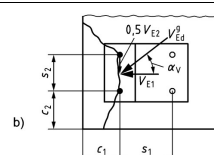
$$V_{E1} = 3 \times 13.81 \text{ kN} = 41.43 \text{ kN}$$

$$V_{E2} = 3 \times 17.54 \text{ kN} = 52.62 \text{ kN}$$

$$0.5 V_{E2} = 26.31 \text{ kN}$$

$$V_{Edg} = \sqrt{V_{E1}^2 + (0.5 V_{E2})^2} = 49.08 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = \arctan(26.31/41.43) = 32.42^\circ$$



Key

$$V_{E1} = V_{Ed} \cos \alpha$$

$$V_{E2} = V_{Ed} \sin \alpha$$



S4 - ROTTURA DEL BORDO DEL CALCESTRUZZO (Concrete edge failure)		§7.2.2.5	
Armatura (non dedicata) di bordo presente →	NO	Armatura suppl. →	No
Spessore piastra	t = 20 [mm]	t lim = 162.5 [mm]	
Spessore limite piastra (per applicabilità della disposizioni del § 7.2.2.5)	k9 = 2.4 [-]	hef = 650 [mm]	
Coefficiente per calcestruzzo non fessurato	c1 = 375 [mm]	c2 = 1225 [mm]	
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo	s2 = 225 [mm]	d = 24 [mm]	
Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo (direzione perpendicolare al bordo)	if = 288 [mm]		
Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo (direzione parallela al bordo)			
Interasse ancoraggi in direzione parallela al bordo			
Diametro ancorante			
Atezza di affondamento in caso di diametro uniforme del gambo dell'ancorante munito di testa e di un diametro uniforme dell'ancorante post-inserito			
Area di base del cono di cls di un singolo ancorante sulla superficie laterale del cls	$A^0c,V = 632813$ [mm <sup>2</sup> ]		formula 7.44
Area effettiva della base del cono di calcestruzzo dell'ancorante sulla superficie laterale del calcestruzzo	$Ac,V = 632813$ [mm <sup>2</sup> ]	$Ac,V / A^0c,V = 1$	valore suggerito: 885940
Coefficiente funzione della profondità dell'ancoraggio	$\alpha = 0.09$ [-]	$\alpha = 0.1 \times (if/c1)^{0.5}$	formula 7.42
Coefficiente funzione del diametro dell'ancoraggio	$\beta = 0.06$ [-]	$\beta = 0.1 \times (d_{nom}/c1)^{0.5}$	formula 7.43
Fattore che considera l'influenza sulla resistenza a taglio della distribuzione delle sollecitazioni nel calcestruzzo per la vicinanza degli ancoranti ad ulteriori bordi dell'elemento di calcestruzzo	$\psi_s,V = 1.00$ [-]	$\psi_s,V = 0.7 + 0.3 \cdot c2 / (1.5c1) \leq 1.00$	formula 7.45
Fattore che considera che la resistenza a taglio non diminuisca proporzionalmente allo spessore dell'elemento come ipotizzato nel rapporto $AcV / A^0cV$	$\psi_{ph},V = 1.00$ [-]	$\psi_{ph},V = (1.5xc1/h)^{0.5} \geq 1.00$	formula 7.46
Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di taglio agiscono sui singoli ancoranti del gruppo	$\psi_{ec},V = 1.00$ [-]	$\psi_{ec},V = \min(1; 1 / ((1 + 2ex/3c1) * 1 / (1 + 2ey/3c1)))$	formula 7.47
Fattore che considera l'effetto dell'armatura situata sul bordo	$\psi_{re},V = 1.00$ [-]		
Angolo tra il carico applicato $V_{sd}$ e la direzione perpendicolare all'estremo libero dell'elemento di calcestruzzo $0^\circ \leq \alpha_v \leq 90^\circ$	$\alpha_v = 32.42$ [°]		
Fattore che tiene conto dell'influenza di un carico di taglio inclinato sul bordo in fase di valutazione della resistenza del bordo del calcestruzzo	$\psi_{\alpha},V = 1.13$ [-]	$\psi_{\alpha},V = [1 / ((\cos \alpha_v)^2 + (0.5 \sin \alpha_v)^2)]^{0.5} \geq 1$	formula 7.48
Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante	$V^0R_{k,c} = 188.87$ [kN]	$V^0R_{k,c} = k9 \times d^2 \times if^0 \times \sqrt{f_{ck}} \times c1^{-1.5}$	formula 7.41
Resistenza caratteristica in caso di rottura del bordo di calcestruzzo	$VR_{k,c} = 213.3$ [kN]	$VR_{k,c} = V^0R_{k,c} \times Ac,V / A^0c,V (\psi_s,V \psi_{ph},V \psi_{ec},V \psi_{re},V \psi_{\alpha},V)$	formula 7.40
Resistenza di progetto ancoranti	$VR_{d,c} = 142.2$ [kN]		
Taglio agente sul gruppo di ancoranti	$V_{sd} = 49.08$ [kN]		
Coefficiente di sfruttamento	$\beta V = 35\%$ [-]		

C1 - ROTTURA COMBINATA A TAGLIO E TRAZIONE		N.B. verifiche richieste per ancoranti muniti di testa e post-inseriti con e senza armatura supplementare		§7.2.3.1
Tipologia di verifica a taglio:	Senza braccio di leva			
Rottura acciaio ancorante	Verifica richiesta			
$(N_{Ed}/NR_{d,s})^2 + (V_{Ed}/VR_{d,s})^2 \leq 1$	$\beta 1 = 29\%$ [-]			formula 7.54
Modalità di rottura diverse dalla rottura dell'acciaio (rottura lato calcestruzzo)				
$(N_{Ed}/NR_{d,i})^{3/2} + (V_{Ed}/VR_{d,i})^{3/2} \leq 1$ oppure	$\beta 2 = 81\%$ [-]			formula 7.55
$(N_{Ed}/NR_{d,i}) + (V_{Ed}/VR_{d,i}) \leq 1.2$	$\beta 3 = 106\%$ [-]			formula 7.56

A1 - VERIFICHE AGGIUNTIVE - ROSETTA		N.B. per ancoranti muniti di rosetta	
Rottura per schiacciamento del calcestruzzo	Verifica applicabile:	Verifica richiesta	
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica	$f_{ck} = 35$ [MPa]		
Coefficiente cls lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$ [-]		
Diametro rosetta	$dh = 120$ [mm]		
Spessore rosetta	$tr = 20$ [mm]		
Diametro del tirafondo	$d = 24$ [mm]		
Area portante della testa dell'ancorante	$A_h = 10857$ [mm <sup>2</sup> ]		
Resistenza caratteristica	$NR_k = 323.01$ [kN]	$NR_k = A_h \times f_{ck} \times \alpha_{cc}$	
Resistenza di progetto	$NR_d = 215.34$ [kN]		
Forza di trazione del singolo tirafondo	$N_{Ed} = 93.91$ [kN]		
Coefficiente di sfruttamento	$\beta = 43.61\%$ [-]		

Rottura per flessione della rosetta			
Modulo di resistenza	$W = 1600$ [mm <sup>3</sup> ]		
Luce di calcolo	$l = 48.00$ [mm]		
Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo di progetto	$f_{bd} = 3.37$ [MPa]		
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo	$hef = 650$ [mm]		
Pressione di contatto rosetta	$q_{ros} = 8.65$ [MPa]		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_M = 1.05$ [-]		
Momento resistente caratteristico	$MR_k = 0.57$ [kNm]		
Momento resistente	$MR_d = 0.54$ [kNm]		
Momento sollecitante	$ME_d = 0.24$ [kNm]		
Coefficiente di sfruttamento	$\beta = 44.21\%$ [-]		

A2 - VERIFICHE AGGIUNTIVE - PIASTRA DI BASE			
Punzonamento	Verifica applicabile:	Verifica richiesta	
Spessore della piastra	$t = 20$ [mm]		
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} = 510$ [MPa]		
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{M2} = 1.25$ [-]		
Resistenza a punzonamento della piastra di base	$NR_d = 369.15$ [kN]	$NR_d = (0.6 \times \pi \times d \times t \times f_{tk}) / \gamma_{M2}$	
Forza di trazione del singolo tirafondo	$N_{Ed} = 93.91$ [kN]		
Coefficiente di sicurezza	$c.s. = 3.93$ [-]		

Rifollamento			
Diametro del tirafondo	$d = 24$ [mm]		
Diametro del foro	$d_o = 24$ [mm]		
Distanza perpendicolare asse tirafondo - bordo	$e1 = 30$ [mm]		
Distanza // asse tirafondo - bordo	$e2 = 50$ [mm]		
Interasse tra i tirafondi in direzione parallela al bordo	$i1 = 225$ [mm]		
Tensione caratteristica a rottura del tirafondo	$f_{tk} = 800$ [MPa]		
Tensione caratteristica a rottura della piastra di base	$f_{tk} = 510$ [MPa]		
	$\alpha = 0.42$ [-]		
	$k = 2.50$ [-]		
Resistenza a punzonamento della piastra di base	$VR_d = 204.00$ [kN]	$VR_d = (k \times \alpha \times f_{tk} \times d \times t) / \gamma_{M2}$	
Forza di trazione del singolo tirafondo	$V_{Ed} = 22.33$ [kN]		
Coefficiente di sicurezza	$c.s. = 9.14$ [-]		



### 11.5.2.2 Azioni sui tirafondi per verifica a fatica

Di seguito si riporta il calcolo dell'azione sui tirafondi di ancoraggio per l'azione del vento.

La massima azione flettente risulta pari a:  $M_{Ed,SLU} / \gamma_{vento} = 109.73 \text{ kNm} / 1.5 = 73.15 \text{ kNm}$ .

Tale valutazione viene effettuata considerando, cautelativamente, una sezione di calcestruzzo reagente ridotta, tramite il calcolo del T-stub. Nel caso specifico, l'altezza della sezione risulta pari a 0.498m.

Di seguito la valutazione della trazione mediante il software VCA SLU.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Tipo B\_Piastra base\_traz tirafondi**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

**Titolo:** \_\_\_\_\_

**N° Vertici:** 4 **Zoom** **N° barre:** 5 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	-30	24.88
2	-30	-24.88
3	30	-24.88
4	30	24.88

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.53	-22.5	-17.38
2	3.53	0	-17.38
3	3.53	22.5	-17.38
4	3.53	-22.5	5.12
5	3.53	22.5	5.12

**Tipo Sezione:**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.  
☐ DXF

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. ☒ Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N:**  
☐ Centro ☐ Baricentro cls  
☒ Coord.[cm] xN 0 yN 5.12

**Materiali:**  
 B450C C35/45  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 210 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.863 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
 τ<sub>c1</sub> 2.257 N/mm²

**Metodo di calcolo:**  
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

**Verifica:**  
 N° iterazioni: 4  
☐ Precompresso

**Results:**  
 σ<sub>c</sub> -5.259 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 172.2 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0.8199 ‰  
 d 42.26 cm  
 x 13.28 x/d 0.3142  
 δ 0.8328

La sollecitazione massima di trazione agente sui singoli tirafondi risulta pari a:

$$N_{Ed} = 60.79 \text{ kN} \quad (\sigma_{t,Ed} = 172.2 \text{ Mpa})$$

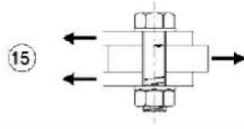
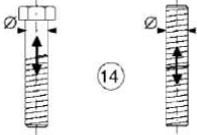
La massima sollecitazione di taglio sul bullone vale:

$$V_{Ed,Fatica} = V_{Ed,SLU} / 1.5 = 22.33 \text{ kN} / 1.5 = 14.88 \text{ kN}$$



### 11.5.2.3 Verifica a fatica dei tirafondi

Per i tirafondi si fa riferimento alle seguenti classi di dettaglio in accordo alla Circolare NTC 2018.

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
100		15) Bulloni sollecitati a taglio su uno o due piani non interessanti la parte filettata. - Bulloni calibrati - Bulloni normali di grado 5.6, 8.8 e 10.9 e assenza di inversioni di carico	$\Delta\tau$ calcolati in riferimento all'area del gambo
50		14) Bulloni e barre filettate soggetti a trazione. Per bulloni di diametro $\phi > 30$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente $k_s = (30/\phi)^{0.25}$	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione della parte filettata, considerando gli effetti dovuti all'effetto leva e alla flessione ulteriore. Per bulloni precaricati $\Delta\sigma$ possono essere ridotti.

I tirafondi saranno precaricati con una forza di trazione pari al 30% del massimo precarico ammissibile.

Inoltre, si considera, conservativamente, una perdita del precarico iniziale pari al 65%.

Nelle tabelle seguenti si riporta il calcolo del danneggiamento per i 161 intervalli considerati.

#### VERIFICA A DANNEGGIAMENTO PER L'AZIONE DEL VENTO - TIRAFONDI

##### Geometria tirafondo

d	mm	<b>24</b> Diametro tirafondo
As	mm <sup>2</sup>	<b>353</b> Area netta tirafondo
ftbk	MPa	<b>800</b> Resistenza caratteristica a rottura dell'acciaio

##### Azioni sollecitanti e precarico

Ned	kN	<b>60.79</b> Azioni sollecitante comb.RARA
Fp,c	kN	197.68 Massima forza di precarico da NTC
$\alpha$	%	<b>30</b> Percentuale di precarico iniziale
P0	kN	59.30 Precarico a tempo zero $P_{inf} = \alpha * F_{p,c}$
$\beta$	%	<b>65</b> Perdita del precarico a lungo termine
Pinf	kN	<b>20.76</b> Precarico a tempo infinito $P_{inf} = (1-\beta) * P_0$
$\sigma_p, \nu\phi$	MPa	58.8 Tensione a tempo infinito per il precarico

##### Parametri verifica a danneggiamento

Sk	MPa	<b>172.20</b> Tensione caratteristica per effetto del vento $Sk = Ned/As$
$\gamma M_f$	-	<b>1.35</b> Coefficiente di sicurezza per fatica
$\Delta\sigma_c$	MPa	<b>50</b> Classe del dettaglio di fatica
$\kappa\sigma$	-	<b>1.00</b> Fattore di riduzione della classe (per bulloni $k_s = (30/\phi)^{0.25}$ )
$k_s * \Delta\sigma_c$	MPa	50.000 -
$\Delta\sigma_{c,r}$	MPa	<b>37.037</b> Classe del dettaglio di fatica ridotto: $\Delta\sigma_{c,r} = \Delta\sigma_c / \gamma M_f$
$\Delta\sigma_d$	MPa	<b>27.296</b> Limite di fatica ad ampiezza costante $N=5 \times 10^6$ : $\Delta\sigma_d = 0,737 \Delta\sigma_{c,r}$
$\Delta\sigma_L$	MPa	<b>14.986</b> Limite di fatica per $N > 10^8$ : $\Delta\sigma_L = 0,549 \Delta\sigma_d$
$\mu$	-	<b>3</b> Esponente curve S-N
$\mu+2$	-	<b>5</b> Esponente curve S-N
N1	-	2000000 Numero di cicli calcolo resistenza a fatica del dettaglio
N2	-	5000000 Numero di cicli per limite di fatica ad ampiezza costante
N3	-	100000000 Numero di cicli limite per i calcoli di fatica



Di seguito il dettaglio del calcolo.

Verifica a danneggiamento								Sum_Di
Log(Ng)	Ng	ΔNg	λ <sub>0γ</sub> (ΔNy)	ΔS/Sk	ΔS	ΔS-σ <sub>r</sub>	Nr	0.0017
-	-	-	-	-	Mpa	Mpa	-	D=ΔNg/Nr
0	1.00	0.12	-0.91	1.0000	172.20	113.40	69679	0.00000175
0.05	1.12	0.14	-0.86	0.9913	170.70	111.90	72509	0.00000189
0.1	1.26	0.15	-0.81	0.9827	169.22	110.42	75482	0.00000204
0.15	1.41	0.17	-0.76	0.9741	167.73	108.93	78607	0.00000219
0.2	1.58	0.19	-0.71	0.9655	166.26	107.46	81894	0.00000236
0.25	1.78	0.22	-0.66	0.9569	164.78	105.98	85351	0.00000254
0.3	2.00	0.24	-0.61	0.9484	163.32	104.52	88991	0.00000274
0.35	2.24	0.27	-0.56	0.9400	161.86	103.06	92824	0.00000294
0.4	2.51	0.31	-0.51	0.9315	160.41	101.61	96863	0.00000316
0.45	2.82	0.34	-0.46	0.9231	158.96	100.16	101122	0.00000340
0.5	3.16	0.39	-0.41	0.9148	157.52	98.72	105615	0.00000365
0.55	3.55	0.43	-0.36	0.9064	156.09	97.29	110357	0.00000392
0.6	3.98	0.49	-0.31	0.8981	154.66	95.86	115366	0.00000421
0.65	4.47	0.55	-0.26	0.8899	153.23	94.43	120659	0.00000452
0.7	5.01	0.61	-0.21	0.8816	151.82	93.02	126257	0.00000484
0.75	5.62	0.69	-0.16	0.8734	150.41	91.61	132181	0.00000519
0.8	6.31	0.77	-0.11	0.8653	149.00	90.20	138453	0.00000556
0.85	7.08	0.86	-0.06	0.8572	147.60	88.80	145098	0.00000595
0.9	7.94	0.97	-0.01	0.8491	146.21	87.41	152145	0.00000637
0.95	8.91	1.09	0.04	0.8410	144.82	86.02	159622	0.00000681
1	10.00	1.22	0.09	0.8330	143.44	84.64	167561	0.00000728
1.05	11.22	1.37	0.14	0.8250	142.07	83.27	175997	0.00000778
1.1	12.59	1.54	0.19	0.8171	140.70	81.90	184968	0.00000830
1.15	14.13	1.72	0.24	0.8092	139.34	80.54	194515	0.00000886
1.2	15.85	1.93	0.29	0.8013	137.98	79.18	204685	0.00000945
1.25	17.78	2.17	0.34	0.7934	136.63	77.83	215525	0.00001007
1.3	19.95	2.43	0.39	0.7856	135.29	76.49	227092	0.00001072
1.35	22.39	2.73	0.44	0.7779	133.95	75.15	239443	0.00001141
1.4	25.12	3.06	0.49	0.7701	132.61	73.81	252645	0.00001213
1.45	28.18	3.44	0.54	0.7624	131.29	72.49	266769	0.00001289
1.5	31.62	3.86	0.59	0.7548	129.97	71.17	281894	0.00001369
1.55	35.48	4.33	0.64	0.7471	128.65	69.85	298107	0.00001452
1.6	39.81	4.86	0.69	0.7395	127.35	68.55	315504	0.00001540
1.65	44.67	5.45	0.74	0.7320	126.04	67.24	334192	0.00001631
1.7	50.12	6.12	0.79	0.7244	124.75	65.95	354288	0.00001726
1.75	56.23	6.86	0.84	0.7169	123.46	64.66	375923	0.00001825
1.8	63.10	7.70	0.89	0.7095	122.17	63.37	399243	0.00001928
1.85	70.79	8.64	0.94	0.7021	120.89	62.09	424408	0.00002035
1.9	79.43	9.69	0.99	0.6947	119.62	60.82	451599	0.00002146
1.95	89.13	10.87	1.04	0.6873	118.36	59.56	481017	0.00002261
2	100.00	12.20	1.09	0.6800	117.10	58.30	512888	0.00002379
2.05	112.20	13.69	1.14	0.6727	115.84	57.04	547464	0.00002501
2.1	125.89	15.36	1.19	0.6655	114.59	55.79	585029	0.00002626
2.15	141.25	17.24	1.24	0.6583	113.35	54.55	625904	0.00002754
2.2	158.49	19.34	1.29	0.6511	112.12	53.32	670450	0.00002884
2.25	177.83	21.70	1.34	0.6439	110.89	52.09	719076	0.00003018
2.3	199.53	24.35	1.39	0.6368	109.66	50.86	772245	0.00003153
2.35	223.87	27.32	1.44	0.6298	108.44	49.64	830486	0.00003289
2.4	251.19	30.65	1.49	0.6227	107.23	48.43	894399	0.00003427
2.45	281.84	34.39	1.54	0.6157	106.03	47.23	964673	0.00003565
2.5	316.23	38.59	1.59	0.6088	104.83	46.03	1042096	0.00003703
2.55	354.81	43.29	1.64	0.6018	103.63	44.83	1127577	0.00003840
2.6	398.11	48.58	1.69	0.5949	102.45	43.65	1222161	0.00003975
2.65	446.68	54.50	1.74	0.5881	101.26	42.46	1327062	0.00004107
2.7	501.19	61.15	1.79	0.5812	100.09	41.29	1443688	0.00004236
2.75	562.34	68.62	1.84	0.5744	98.92	40.12	1573680	0.00004360
2.8	630.96	76.99	1.89	0.5677	97.75	38.95	1718961	0.00004479
2.85	707.95	86.38	1.94	0.5610	96.60	37.80	1881788	0.00004590
2.9	794.33	96.92	1.99	0.5543	95.45	36.65	2064829	0.00004694
2.95	891.25	108.75	2.04	0.5476	94.30	35.50	2271242	0.00004788
3	1000.00	122.02	2.09	0.5410	93.16	34.36	2504792	0.00004871
3.05	1122.02	136.91	2.14	0.5344	92.03	33.23	2769984	0.00004943
3.1	1258.93	153.61	2.19	0.5279	90.90	32.10	3072243	0.00005000
3.15	1412.54	172.36	2.24	0.5214	89.78	30.98	3418130	0.00005042
3.2	1584.89	193.39	2.29	0.5149	88.66	29.86	3815640	0.00005068
3.25	1778.28	216.98	2.34	0.5084	87.55	28.75	4274566	0.00005076
3.3	1995.26	243.46	2.39	0.5020	86.45	27.65	4806996	0.00005065
3.35	2238.72	273.17	2.44	0.4957	85.35	26.55	5740957	0.00004758
3.4	2511.89	306.50	2.49	0.4893	84.26	25.46	7081407	0.00004328
3.45	2818.38	343.89	2.54	0.4830	83.18	24.38	8804625	0.00003906
3.5	3162.28	385.86	2.59	0.4768	82.10	23.30	11042037	0.00003494
3.55	3548.13	432.94	2.64	0.4705	81.02	22.22	13978614	0.00003097
3.6	3981.07	485.76	2.69	0.4643	79.96	21.16	17878484	0.00002717
3.65	4466.84	545.04	2.74	0.4582	78.89	20.09	23124836	0.00002357
3.7	5011.87	611.54	2.79	0.4520	77.84	19.04	30283314	0.00002019
3.75	5623.41	686.16	2.84	0.4459	76.79	17.99	40204994	0.00001707
3.8	6309.57	769.88	2.89	0.4399	75.75	16.95	54197771	0.00001421
3.85	7079.46	863.82	2.94	0.4339	74.71	15.91	74319373	0.00001162
3.9	7943.28	969.23	2.99	0.4279	73.68	14.88	Inf.	0.00000000
3.95	8912.51	1087.49	3.04	0.4219	72.65	13.85	Inf.	0.00000000
4	10000.00	1220.18	3.09	0.4160	71.64	12.84	Inf.	0.00000000
4.05	11220.18	1369.07	3.14	0.4101	70.62	11.82	Inf.	0.00000000
4.1	12589.25	1536.12	3.19	0.4043	69.62	10.82	Inf.	0.00000000
4.15	14125.38	1723.56	3.24	0.3985	68.61	9.81	Inf.	0.00000000
4.2	15848.93	1933.86	3.29	0.3927	67.62	8.82	Inf.	0.00000000
4.25	17782.79	2169.83	3.34	0.3869	66.63	7.83	Inf.	0.00000000
4.3	19952.62	2434.59	3.39	0.3812	65.65	6.85	Inf.	0.00000000



4.4	25118.86	3064.96	3.49	0.3699	63.70	4.90	Inf.	0.00000000
4.45	28183.83	3438.95	3.54	0.3643	62.74	3.94	Inf.	0.00000000
4.5	31622.78	3858.56	3.59	0.3588	61.78	2.98	Inf.	0.00000000
4.55	35481.34	4329.38	3.64	0.3532	60.82	2.02	Inf.	0.00000000
4.6	39810.72	4857.64	3.69	0.3477	59.88	1.08	Inf.	0.00000000
4.65	44668.36	5450.36	3.74	0.3423	58.94	0.14	Inf.	0.00000000
4.7	50118.72	6115.41	3.79	0.3368	58.00	-0.80	Inf.	0.00000000
4.75	56234.13	6861.60	3.84	0.3314	57.07	-1.73	Inf.	0.00000000
4.8	63095.73	7698.84	3.89	0.3261	56.15	-2.65	Inf.	0.00000000
4.85	70794.58	8638.25	3.94	0.3208	55.23	-3.57	Inf.	0.00000000
4.9	79432.82	9692.27	3.99	0.3155	54.32	-4.48	Inf.	0.00000000
4.95	89125.09	10874.91	4.04	0.3102	53.42	-5.38	Inf.	0.00000000
5	100000.00	12201.85	4.09	0.3050	52.52	-6.28	Inf.	0.00000000
5.05	112201.85	13690.70	4.14	0.2998	51.63	-7.17	Inf.	0.00000000
5.1	125892.54	15361.21	4.19	0.2947	50.74	-8.06	Inf.	0.00000000
5.15	141253.75	17235.56	4.24	0.2896	49.86	-8.94	Inf.	0.00000000
5.2	158489.32	19338.62	4.29	0.2845	48.99	-9.81	Inf.	0.00000000
5.25	177827.94	21698.29	4.34	0.2794	48.12	-10.68	Inf.	0.00000000
5.3	199526.23	24345.88	4.39	0.2744	47.26	-11.54	Inf.	0.00000000
5.35	223872.11	27316.53	4.44	0.2695	46.40	-12.40	Inf.	0.00000000
5.4	251188.64	30649.65	4.49	0.2645	45.55	-13.25	Inf.	0.00000000
5.45	281838.29	34389.47	4.54	0.2596	44.71	-14.09	Inf.	0.00000000
5.5	316227.77	38585.62	4.59	0.2548	43.87	-14.93	Inf.	0.00000000
5.55	354813.39	43293.78	4.64	0.2499	43.04	-15.76	Inf.	0.00000000
5.6	398107.17	48576.42	4.69	0.2451	42.21	-16.59	Inf.	0.00000000
5.65	446683.59	54503.64	4.74	0.2404	41.39	-17.41	Inf.	0.00000000
5.7	501187.23	61154.09	4.79	0.2356	40.58	-18.22	Inf.	0.00000000
5.75	562341.33	68616.02	4.84	0.2309	39.77	-19.03	Inf.	0.00000000
5.8	630957.34	76988.44	4.89	0.2263	38.97	-19.83	Inf.	0.00000000
5.85	707945.78	86382.45	4.94	0.2217	38.17	-20.63	Inf.	0.00000000
5.9	794328.23	96922.70	4.99	0.2171	37.38	-21.42	Inf.	0.00000000
5.95	891250.94	108749.06	5.04	0.2125	36.60	-22.20	Inf.	0.00000000
6	1000000.00	122018.45	5.09	0.2080	35.82	-22.98	Inf.	0.00000000
6.05	1122018.45	136906.96	5.14	0.2035	35.05	-23.75	Inf.	0.00000000
6.1	1258925.41	153612.13	5.19	0.1991	34.28	-24.52	Inf.	0.00000000
6.15	1412537.54	172355.65	5.24	0.1947	33.52	-25.28	Inf.	0.00000000
6.2	1584893.19	193386.22	5.29	0.1903	32.77	-26.03	Inf.	0.00000000
6.25	1778279.41	216982.90	5.34	0.1859	32.02	-26.78	Inf.	0.00000000
6.3	1995262.31	243458.82	5.39	0.1816	31.28	-27.52	Inf.	0.00000000
6.35	2238721.14	273165.29	5.44	0.1774	30.54	-28.26	Inf.	0.00000000
6.4	2511886.43	306496.50	5.49	0.1731	29.81	-28.99	Inf.	0.00000000
6.45	2818382.93	343894.73	5.54	0.1689	29.09	-29.71	Inf.	0.00000000
6.5	3162277.66	385856.23	5.59	0.1648	28.37	-30.43	Inf.	0.00000000
6.55	3548133.89	432937.81	5.64	0.1606	27.66	-31.14	Inf.	0.00000000
6.6	3981071.71	485764.22	5.69	0.1565	26.95	-31.85	Inf.	0.00000000
6.65	4466835.92	545036.41	5.74	0.1525	26.25	-32.55	Inf.	0.00000000
6.7	5011872.34	611540.92	5.79	0.1484	25.56	-33.24	Inf.	0.00000000
6.75	5623413.25	686160.19	5.84	0.1444	24.87	-33.93	Inf.	0.00000000
6.8	6309573.44	769884.40	5.89	0.1405	24.19	-34.61	Inf.	0.00000000
6.85	7079457.84	863824.50	5.94	0.1366	23.52	-35.28	Inf.	0.00000000
6.9	7943282.35	969227.03	5.99	0.1327	22.85	-35.95	Inf.	0.00000000
6.95	8912509.38	1087490.62	6.04	0.1288	22.18	-36.62	Inf.	0.00000000
7	10000000.00	1220184.54	6.09	0.1250	21.53	-37.27	Inf.	0.00000000
7.05	11220184.54	1369069.57	6.14	0.1212	20.87	-37.93	Inf.	0.00000000
7.1	12589254.12	1536121.33	6.19	0.1175	20.23	-38.57	Inf.	0.00000000
7.15	14125375.45	1723556.48	6.24	0.1138	19.59	-39.21	Inf.	0.00000000
7.2	15848931.92	1933862.18	6.29	0.1101	18.96	-39.84	Inf.	0.00000000
7.25	17782794.10	2169829.05	6.34	0.1064	18.33	-40.47	Inf.	0.00000000
7.3	19952623.15	2434588.24	6.39	0.1028	17.71	-41.09	Inf.	0.00000000
7.35	22387211.39	2731652.93	6.44	0.0993	17.09	-41.71	Inf.	0.00000000
7.4	25118864.32	3064965.00	6.49	0.0957	16.48	-42.32	Inf.	0.00000000
7.45	28183829.31	3438947.29	6.54	0.0922	15.88	-42.92	Inf.	0.00000000
7.5	31622776.60	3858562.32	6.59	0.0888	15.28	-43.52	Inf.	0.00000000
7.55	35481338.92	4329378.13	6.64	0.0853	14.69	-44.11	Inf.	0.00000000
7.6	39810717.06	4857642.16	6.69	0.0819	14.11	-44.69	Inf.	0.00000000
7.65	44668359.22	5450364.15	6.74	0.0786	13.53	-45.27	Inf.	0.00000000
7.7	50118723.36	6115409.16	6.79	0.0752	12.95	-45.85	Inf.	0.00000000
7.75	56234132.52	6861601.93	6.84	0.0719	12.39	-46.41	Inf.	0.00000000
7.8	63095734.45	7698843.99	6.89	0.0687	11.83	-46.97	Inf.	0.00000000
7.85	70794578.44	8638245.03	6.94	0.0655	11.27	-47.53	Inf.	0.00000000
7.9	79432823.47	9692270.34	6.99	0.0623	10.72	-48.08	Inf.	0.00000000
7.95	89125093.81	10874906.19	7.04	0.0591	10.18	-48.62	Inf.	0.00000000
8	100000000.00	100000000.00	8.00	0.0560	9.64	-49.16	Inf.	0.00000000
0.0017								

Come si può osservare il valore D del danneggiamento è pari a

D=0.0017<1

La verifica è soddisfatta.



## VERIFICA A DANNEGGIAMENTO PER L'AZIONE DEL VENTO - TIRAFONDI - TAU

### Geometria chiave di taglio

d_tir	mm	24.00	Diametro tirafondi
Av	mm <sup>2</sup>	353.00	Area tirafondo

### Azioni sollecitanti e precarico

Ved	kN	14.88	Azioni tagliante comb.RARA
-----	----	-------	----------------------------

### Parametri verifica a danneggiamento

Sk	MPa	56.22	Tensione tangenziale caratteristica per effetto del vento $Sk = 4/3 * Ved/Av$
$\gamma_{Mf}$	-	1.35	Coefficiente di sicurezza per fatica
$\Delta\tau_c$	MPa	100	Classe del dettaglio di fatica
$\Delta\tau_{c,r}$	MPa	74.074	Classe del dettaglio di fatica ridotto: $\Delta\tau_{c,r} = \Delta\tau_c / \gamma_{Mf}$
$\Delta\tau_L$	MPa	33.852	Limite di fatica per $N > 10^8$ : $\Delta\sigma_L = 0,457 \Delta\tau_d$
$\mu$	-	5	Esponente curve S-N
N1	-	2000000	Numero di cicli calcolo resistenza a fatica del dettaglio
N2	-	100000000	Numero di cicli per limite di fatica ad ampiezza costante

Verifica a danneggiamento							Sum DI
Log(Ng)	Ng	$\Delta Ng$	log( $\Delta Ng$ )	$\Delta S/Sk$	$\Delta S$	Nr	D= $\Delta Ng/Nr$
-	-	-	-	-	Mpa	-	-
0	1.00	0.12	-0.91	1.0000	56.22	7942748	0.00000002
0.05	1.12	0.14	-0.86	0.9913	55.73	8296730	0.00000002
0.1	1.26	0.15	-0.81	0.9827	55.24	8668268	0.00000002
0.15	1.41	0.17	-0.76	0.9741	54.76	9058324	0.00000002
0.2	1.58	0.19	-0.71	0.9655	54.28	9467916	0.00000002
0.25	1.78	0.22	-0.66	0.9569	53.80	9898125	0.00000002
0.3	2.00	0.24	-0.61	0.9484	53.32	10350096	0.00000002
0.35	2.24	0.27	-0.56	0.9400	52.84	10825045	0.00000003
0.4	2.51	0.31	-0.51	0.9315	52.37	11324261	0.00000003
0.45	2.82	0.34	-0.46	0.9231	51.90	11849114	0.00000003
0.5	3.16	0.39	-0.41	0.9148	51.43	12401057	0.00000003
0.55	3.55	0.43	-0.36	0.9064	50.96	12981635	0.00000003
0.6	3.98	0.49	-0.31	0.8981	50.49	13592488	0.00000004
0.65	4.47	0.55	-0.26	0.8899	50.03	14235361	0.00000004
0.7	5.01	0.61	-0.21	0.8816	49.56	14912107	0.00000004
0.75	5.62	0.69	-0.16	0.8734	49.10	15624698	0.00000004
0.8	6.31	0.77	-0.11	0.8653	48.64	16375233	0.00000005
0.85	7.08	0.86	-0.06	0.8572	48.19	17165943	0.00000005
0.9	7.94	0.97	-0.01	0.8491	47.73	17999205	0.00000005
0.95	8.91	1.09	0.04	0.8410	47.28	18877551	0.00000006
1	10.00	1.22	0.09	0.8330	46.83	19803675	0.00000006
1.05	11.22	1.37	0.14	0.8250	46.38	20780453	0.00000007
1.1	12.59	1.54	0.19	0.8171	45.93	21810945	0.00000007
1.15	14.13	1.72	0.24	0.8092	45.49	22898418	0.00000008
1.2	15.85	1.93	0.29	0.8013	45.05	24046357	0.00000008
1.25	17.78	2.17	0.34	0.7934	44.61	25258479	0.00000009
1.3	19.95	2.43	0.39	0.7856	44.17	26538753	0.00000009
1.35	22.39	2.73	0.44	0.7779	43.73	27891418	0.00000010
1.4	25.12	3.06	0.49	0.7701	43.29	29321001	0.00000010
1.45	28.18	3.44	0.54	0.7624	42.86	30832343	0.00000011
1.5	31.62	3.86	0.59	0.7548	42.43	32430616	0.00000012
1.55	35.48	4.33	0.64	0.7471	42.00	34121354	0.00000013
1.6	39.81	4.86	0.69	0.7395	41.57	35910478	0.00000014
1.65	44.67	5.45	0.74	0.7320	41.15	37804324	0.00000014
1.7	50.12	6.12	0.79	0.7244	40.73	39809678	0.00000015
1.75	56.23	6.86	0.84	0.7169	40.31	41933810	0.00000016
1.8	63.10	7.70	0.89	0.7095	39.89	44184507	0.00000017
1.85	70.79	8.64	0.94	0.7021	39.47	46570123	0.00000019
1.9	79.43	9.69	0.99	0.6947	39.05	49099615	0.00000020
1.95	89.13	10.87	1.04	0.6873	38.64	51782593	0.00000021
2	100.00	12.20	1.09	0.6800	38.23	54629376	0.00000022
2.05	112.20	13.69	1.14	0.6727	37.82	57651044	0.00000024
2.1	125.89	15.36	1.19	0.6655	37.41	60859502	0.00000025
2.15	141.25	17.24	1.24	0.6583	37.01	64267547	0.00000027
2.2	158.49	19.34	1.29	0.6511	36.60	67888940	0.00000028
2.25	177.83	21.70	1.34	0.6439	36.20	71738488	0.00000030
2.3	199.53	24.35	1.39	0.6368	35.80	75832126	0.00000032



2.35	223.87	27.32	1.44	0.6298	35.40	80187018	0.00000034
2.4	251.19	30.65	1.49	0.6227	35.01	84821653	0.00000036
2.45	281.84	34.39	1.54	0.6157	34.61	89755964	0.00000038
2.5	316.23	38.59	1.59	0.6088	34.22	95011447	0.00000041
2.55	354.81	43.29	1.64	0.6018	33.83	Inf.	0.00000000
2.6	398.11	48.58	1.69	0.5949	33.45	Inf.	0.00000000
2.65	446.68	54.50	1.74	0.5881	33.06	Inf.	0.00000000
2.7	501.19	61.15	1.79	0.5812	32.68	Inf.	0.00000000
2.75	562.34	68.62	1.84	0.5744	32.29	Inf.	0.00000000
2.8	630.96	76.99	1.89	0.5677	31.91	Inf.	0.00000000
2.85	707.95	86.38	1.94	0.5610	31.54	Inf.	0.00000000
2.9	794.33	96.92	1.99	0.5543	31.16	Inf.	0.00000000
2.95	891.25	108.75	2.04	0.5476	30.79	Inf.	0.00000000
3	1000.00	122.02	2.09	0.5410	30.41	Inf.	0.00000000
3.05	1122.02	136.91	2.14	0.5344	30.04	Inf.	0.00000000
3.1	1258.93	153.61	2.19	0.5279	29.68	Inf.	0.00000000
3.15	1412.54	172.36	2.24	0.5214	29.31	Inf.	0.00000000
3.2	1584.89	193.39	2.29	0.5149	28.95	Inf.	0.00000000
3.25	1778.28	216.98	2.34	0.5084	28.58	Inf.	0.00000000
3.3	1995.26	243.46	2.39	0.5020	28.22	Inf.	0.00000000
3.35	2238.72	273.17	2.44	0.4957	27.87	Inf.	0.00000000
3.4	2511.89	306.50	2.49	0.4893	27.51	Inf.	0.00000000
3.45	2818.38	343.89	2.54	0.4830	27.15	Inf.	0.00000000
3.5	3162.28	385.86	2.59	0.4768	26.80	Inf.	0.00000000
3.55	3548.13	432.94	2.64	0.4705	26.45	Inf.	0.00000000
3.6	3981.07	485.76	2.69	0.4643	26.10	Inf.	0.00000000
3.65	4466.84	545.04	2.74	0.4582	25.76	Inf.	0.00000000
3.7	5011.87	611.54	2.79	0.4520	25.41	Inf.	0.00000000
3.75	5623.41	686.16	2.84	0.4459	25.07	Inf.	0.00000000
3.8	6309.57	769.88	2.89	0.4399	24.73	Inf.	0.00000000
3.85	7079.46	863.82	2.94	0.4339	24.39	Inf.	0.00000000
3.9	7943.28	969.23	2.99	0.4279	24.05	Inf.	0.00000000
3.95	8912.51	1087.49	3.04	0.4219	23.72	Inf.	0.00000000
4	10000.00	1220.18	3.09	0.4160	23.39	Inf.	0.00000000
4.05	11220.18	1369.07	3.14	0.4101	23.06	Inf.	0.00000000
4.1	12589.25	1536.12	3.19	0.4043	22.73	Inf.	0.00000000
4.15	14125.38	1723.56	3.24	0.3985	22.40	Inf.	0.00000000
4.2	15848.93	1933.86	3.29	0.3927	22.08	Inf.	0.00000000
4.25	17782.79	2169.83	3.34	0.3869	21.75	Inf.	0.00000000
4.3	19952.62	2434.59	3.39	0.3812	21.43	Inf.	0.00000000
4.35	22387.21	2731.65	3.44	0.3756	21.11	Inf.	0.00000000
4.4	25118.86	3064.96	3.49	0.3699	20.80	Inf.	0.00000000
4.45	28183.83	3438.95	3.54	0.3643	20.48	Inf.	0.00000000
4.5	31622.78	3858.56	3.59	0.3588	20.17	Inf.	0.00000000
4.55	35481.34	4329.38	3.64	0.3532	19.86	Inf.	0.00000000
4.6	39810.72	4857.64	3.69	0.3477	19.55	Inf.	0.00000000
4.65	44668.36	5450.36	3.74	0.3423	19.24	Inf.	0.00000000
4.7	50118.72	6115.41	3.79	0.3368	18.94	Inf.	0.00000000
4.75	56234.13	6861.60	3.84	0.3314	18.63	Inf.	0.00000000
4.8	63095.73	7698.84	3.89	0.3261	18.33	Inf.	0.00000000
4.85	70794.58	8638.25	3.94	0.3208	18.03	Inf.	0.00000000
4.9	79432.82	9692.27	3.99	0.3155	17.74	Inf.	0.00000000
4.95	89125.09	10874.91	4.04	0.3102	17.44	Inf.	0.00000000
5	100000.00	12201.85	4.09	0.3050	17.15	Inf.	0.00000000
5.05	112201.85	13690.70	4.14	0.2998	16.86	Inf.	0.00000000
5.1	125892.54	15361.21	4.19	0.2947	16.57	Inf.	0.00000000
5.15	141253.75	17235.56	4.24	0.2896	16.28	Inf.	0.00000000
5.2	158489.32	19338.62	4.29	0.2845	15.99	Inf.	0.00000000
5.25	177827.94	21698.29	4.34	0.2794	15.71	Inf.	0.00000000
5.3	199526.23	24345.88	4.39	0.2744	15.43	Inf.	0.00000000
5.35	223872.11	27316.53	4.44	0.2695	15.15	Inf.	0.00000000
5.4	251188.64	30649.65	4.49	0.2645	14.87	Inf.	0.00000000
5.45	281838.29	34389.47	4.54	0.2596	14.60	Inf.	0.00000000
5.5	316227.77	38585.62	4.59	0.2548	14.32	Inf.	0.00000000
5.55	354813.39	43293.78	4.64	0.2499	14.05	Inf.	0.00000000
5.6	398107.17	48576.42	4.69	0.2451	13.78	Inf.	0.00000000
5.65	446683.59	54503.64	4.74	0.2404	13.51	Inf.	0.00000000
5.7	501187.23	61154.09	4.79	0.2356	13.25	Inf.	0.00000000
5.75	562341.33	68616.02	4.84	0.2309	12.98	Inf.	0.00000000
5.8	630957.34	76988.44	4.89	0.2263	12.72	Inf.	0.00000000
5.85	707945.78	86382.45	4.94	0.2217	12.46	Inf.	0.00000000
5.9	794328.23	96922.70	4.99	0.2171	12.20	Inf.	0.00000000
5.95	891250.94	108749.06	5.04	0.2125	11.95	Inf.	0.00000000
6	1000000.00	122018.45	5.09	0.2080	11.69	Inf.	0.00000000
6.05	1122018.45	136906.96	5.14	0.2035	11.44	Inf.	0.00000000
6.1	1258925.41	153612.13	5.19	0.1991	11.19	Inf.	0.00000000
6.15	1412537.54	172355.65	5.24	0.1947	10.94	Inf.	0.00000000
6.2	1584893.19	193386.22	5.29	0.1903	10.70	Inf.	0.00000000
6.25	1778279.41	216982.90	5.34	0.1859	10.45	Inf.	0.00000000
6.3	1995262.31	243458.82	5.39	0.1816	10.21	Inf.	0.00000000
6.35	2238721.14	273165.29	5.44	0.1774	9.97	Inf.	0.00000000
6.4	2511886.43	306496.50	5.49	0.1731	9.73	Inf.	0.00000000



6.45	2818382.93	343894.73	5.54	0.1689	9.50	Inf.	0.00000000
6.5	3162277.66	385856.23	5.59	0.1648	9.26	Inf.	0.00000000
6.55	3548133.89	432937.81	5.64	0.1606	9.03	Inf.	0.00000000
6.6	3981071.71	485764.22	5.69	0.1565	8.80	Inf.	0.00000000
6.65	4466835.92	545036.41	5.74	0.1525	8.57	Inf.	0.00000000
6.7	5011872.34	611540.92	5.79	0.1484	8.34	Inf.	0.00000000
6.75	5623413.25	686160.19	5.84	0.1444	8.12	Inf.	0.00000000
6.8	6309573.44	769884.40	5.89	0.1405	7.90	Inf.	0.00000000
6.85	7079457.84	863824.50	5.94	0.1366	7.68	Inf.	0.00000000
6.9	7943282.35	969227.03	5.99	0.1327	7.46	Inf.	0.00000000
6.95	8912509.38	1087490.62	6.04	0.1288	7.24	Inf.	0.00000000
7	10000000.00	1220184.54	6.09	0.1250	7.03	Inf.	0.00000000
7.05	11220184.54	1369069.57	6.14	0.1212	6.81	Inf.	0.00000000
7.1	12589254.12	1536121.33	6.19	0.1175	6.60	Inf.	0.00000000
7.15	14125375.45	1723556.48	6.24	0.1138	6.40	Inf.	0.00000000
7.2	15848931.92	1933862.18	6.29	0.1101	6.19	Inf.	0.00000000
7.25	17782794.10	2169829.05	6.34	0.1064	5.98	Inf.	0.00000000
7.3	19952623.15	2434588.24	6.39	0.1028	5.78	Inf.	0.00000000
7.35	22387211.39	2731652.93	6.44	0.0993	5.58	Inf.	0.00000000
7.4	25118864.32	3064965.00	6.49	0.0957	5.38	Inf.	0.00000000
7.45	28183829.31	3438947.29	6.54	0.0922	5.18	Inf.	0.00000000
7.5	31622776.60	3858562.32	6.59	0.0888	4.99	Inf.	0.00000000
7.55	35481338.92	4329378.13	6.64	0.0853	4.80	Inf.	0.00000000
7.6	39810717.06	4857642.16	6.69	0.0819	4.61	Inf.	0.00000000
7.65	44668359.22	5450364.15	6.74	0.0786	4.42	Inf.	0.00000000
7.7	50118723.36	6115409.16	6.79	0.0752	4.23	Inf.	0.00000000
7.75	56234132.52	6861601.93	6.84	0.0719	4.04	Inf.	0.00000000
7.8	63095734.45	7698843.99	6.89	0.0687	3.86	Inf.	0.00000000
7.85	70794578.44	8638245.03	6.94	0.0655	3.68	Inf.	0.00000000
7.9	79432823.47	9692270.34	6.99	0.0623	3.50	Inf.	0.00000000
7.95	89125093.81	10874906.19	7.04	0.0591	3.32	Inf.	0.00000000
8	100000000.00	100000000.00	8.00	0.0560	3.15	Inf.	0.00000000
							0.0000065

Come si può osservare il valore D del danneggiamento è pari a

$D=6.5e-6 < 1$

La verifica è soddisfatta.



### 11.5.3 Portale tipo C

#### 11.5.3.1 Azioni e verifica sui tirafondi in combinazione statica SLU

Di seguito si riporta il calcolo dell'azione sui tirafondi di ancoraggio allo SLU.

Le caratteristiche della sollecitazione risultano le seguenti:

N <sub>Ed</sub>	12.1	kN
M <sub>Ed,x</sub>	149.85	kNm
M <sub>Ed,y</sub>	11.14	kNm
V <sub>Ed</sub>	41.65	kN
M <sub>tEd</sub>	98.21	kNm

Il calcolo delle azioni sui singoli tirafondi viene effettuato considerando, cautelativamente, una sezione di calcestruzzo reagente ridotta, tramite il calcolo del T-stub. Nel caso specifico, l'altezza della sezione risulta pari a 0.516m. Infine, il calcolo viene svolto ricavando la forza di trazione sul tirafondo come somma delle trazioni indotte da due flessioni rette. A favore di sicurezza, le componenti delle due flessioni vengono sommate in valore assoluto su tutti i tirafondi.

Di seguito la valutazione della trazione sui singoli bulloni. A favore di sicurezza l'azione assiale di compressione non verrà considerata.

**Titolo :**

N° Vertici  Zoom  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-30	25.8
2	-30	-25.8
3	30	-25.8
4	30	25.8

N° barre  Zoom

N°	A <sub>s</sub> [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.53	22.5	4.2
2	3.53	22.5	-18.3
3	3.53	0	-18.3
4	3.53	-22.5	-18.3
5	3.53	-22.5	4.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>Ed</sub>  kNm  
V<sub>Ed</sub>  kN

P.to applicazione N  
Centro ☐ Baricentro cls ☐ Coord.[cm] ☒

Metodo di calcolo  
S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n ☒

Verifica N° iterazioni:

Precompresso ☐

**Titolo :**

N° Vertici  Zoom  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-30	25.8
2	-30	-25.8
3	30	-25.8
4	30	25.8

N° barre  Zoom

N°	A <sub>s</sub> [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.53	22.5	4.2
2	3.53	22.5	-18.3
3	3.53	0	-18.3
4	3.53	-22.5	-18.3
5	3.53	-22.5	4.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

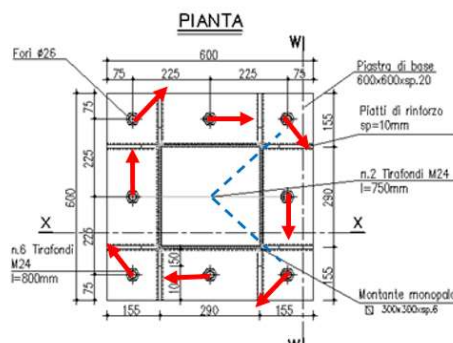
N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>Ed</sub>  kNm  
V<sub>Ed</sub>  kN

P.to applicazione N  
Centro ☐ Baricentro cls ☐ Coord.[cm] ☒

Metodo di calcolo  
S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n ☒

Verifica N° iterazioni:

Precompresso ☐



Di seguito, infine, il calcolo delle azioni complessive sui singoli tirafondi (da 1 a 8) allo SLU.



	x	y	α	d	d <sup>2</sup>	V <sub>y</sub>	V <sub>x,1</sub>	V <sub>y,1</sub>	V <sub>Ed,x</sub>	V <sub>Ed,y</sub>	V <sub>Ed</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	N <sub>Ed</sub>
	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[Mpa]	[Mpa]	[kN]
1	-225	-225	135	318	101250	5.21	-36.37	36.37	-36.37	41.58	55.24	333.2	24.77	126.36
2	0	-225	180	225	50625	5.21	-36.37	0.00	-36.37	5.21	36.74	333.2	24.77	126.36
3	225	-225	225	318	101250	5.21	-36.37	-36.37	-36.37	-31.17	47.90	333.2	24.77	126.36
4	-225	0	90	225	50625	5.21	0.00	36.37	0.00	41.58	41.58	86.34	6.41	32.74
5	225	0	-90	225	50625	5.21	0.00	-36.37	0.00	-31.17	31.17	86.34	6.41	32.74
6	-225	225	45	318	101250	5.21	36.37	36.37	36.37	41.58	55.24	0	0	0.00
7	0	225	0	225	50625	5.21	36.37	0.00	36.37	5.21	36.74	0	0	0.00
8	225	225	-45	318	101250	5.21	36.37	-36.37	36.37	-31.17	47.90	0	0	0.00

Infine, si riporta il calcolo condotto per la verifica dell'ancoraggio del sistema di tirafondi.

#### VERIFICA ANCORAGGI [UNI-EN 1992-4]

Inserire manualmente i dati di input richiesti all'utente nelle celle in rosso

Condizione considerata →

SLU



#### MATERIALI

##### Tipologia tirafondo

meccanico

Classe acciaio tirafondo  
Tipologia di installazione tirafondo/ancorante  
Tirafondo passante o inglobato nel calcestruzzo (verifica con contropiastra)  
Tensione caratteristica a rottura  
Tensione caratteristica a snervamento  
Diametro tirafondo  
Diametro del foro  
Area nominale singolo tirafondo  
Area efficace singolo tirafondo

classe : 8.8 [-]  
pre-installati [-]  
non passante [-]  
fuk = 800 [MPa]  
fyk = 640 [MPa]  
dnom = 24 [mm]  
d0 = 24 [mm]  
As = 452 [mm<sup>2</sup>]  
Aeff = 353 [mm<sup>2</sup>]

##### Classe calcestruzzo (cordolo e malta)

Stato del calcestruzzo  
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica  
Resistenza cubica a compressione caratteristica  
Coefficiente parziale di sicurezza cls  
Coefficiente cls lunga durata  
Resistenza cilindrica a compressione di calcolo  
Resistenza a trazione media  
Resistenza a trazione caratteristica  
Resistenza a trazione di calcolo  
Condizioni di aderenza

cls : C35/45  
Fessurato = no [-]  
fck = 35.00 [MPa]  
Rck = 45.00 [MPa]  
yc = 1.50 [-]  
acc = 0.85 [-]  
fcd = 19.83 [MPa]  
fctm = 3.21 [MPa]  
fctk = 2.25 [MPa]  
fctd = 1.50 [MPa]  
buona aderenza  
η1 = 1.00 [-]  
η2 = 1.00 [-]  
fbd = 3.37 [MPa]

Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo di progetto

##### Acciaio armatura integrativa

Resistenza caratteristica a rottura  
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio  
Resistenza caratteristica a snervamento  
Resistenza di calcolo a snervamento

tipo : B450C  
ftk = 540 [MPa]  
ys = 1.15 [-]  
fyk = 450 [MPa]  
fyd = 391 [MPa]

##### Acciaio piastra di base

Resistenza caratteristica a rottura  
Resistenza caratteristica a snervamento  
Resistenza di calcolo a snervamento

tipo : S355  
ftk = 510 [MPa]  
fyk = 355 [MPa]  
fyd = 338 [MPa]

##### Acciaio rosetta

Resistenza caratteristica a rottura  
Resistenza caratteristica a snervamento  
Resistenza di calcolo a snervamento

tipo : S355  
ftk = 510 [MPa]  
fyk = 355 [MPa]  
fyd = 338 [MPa]

#### GEOMETRIA DEL COLLEGAMENTO

##### Dimensioni elemento cls di base

Larghezza  
Lunghezza (interasse montanti)  
Spessore elemento  
Coprifermo  
Altezza utile  
Eccentricità dell'azione di trazione in direzione x  
Eccentricità dell'azione di trazione in direzione y  
Eccentricità dell'azione di taglio in direzione x  
Eccentricità dell'azione di taglio in direzione y

B = 1600 [mm]  
L = 3300 [mm]  
H = 1700 [mm]  
c = 50 [mm]  
hu = 1650 [mm]  
en1 = 0 [mm]  
en2 = 0 [mm]  
es1 = 0 [mm]  
es2 = 0 [mm]

H > hef

\$6.3  
\$6.3  
\$7.2.2.5  
\$7.2.2.5

##### Dimensioni sistema di collegamento (se User Defined controllare le distanze c1)

Configurazione ancoranti (figura sottostante) (7 Configurazioni previste da EC2-4)

Numero tirafondi / ancoranti  
Interasse tra i tirafondi in direzione parallela al bordo  
Interasse tra i tirafondi in direzione ortogonale al bordo  
numero di interassi in direzione parallela al bordo  
numero di interassi in direzione ortogonale al bordo  
Distanza // al bordo (interasse minimo ammissibile)  
Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo  
Ascissa baricentro collegamento rispetto a origine elemento cls di base  
Ordinata baricentro collegamento rispetto a origine elemento cls di base  
Posizione dell'ancorante rispetto al bordo  
Distanze ortogonali al bordo :

Configurazione : 6 [-]  
nt = 8 [-]  
ix = 225 [mm]  
iy = 225 [mm]  
n° ix = 2 [-]  
n° iy = 2 [-]  
s min = 96 [mm]  
hef = 800 [mm]  
xpg = 1650 [mm]  
ypg = 800 [mm]  
ancorante con bordo da un solo lato  
cminN = 575 [mm]  
cmaxN = 1025 [mm]  
cminV = 575 [mm]  
c2dx = 1425 [mm]  
c2sx = 1425 [mm]

valide per azione di taglio le configurazioni 1,2,3

-

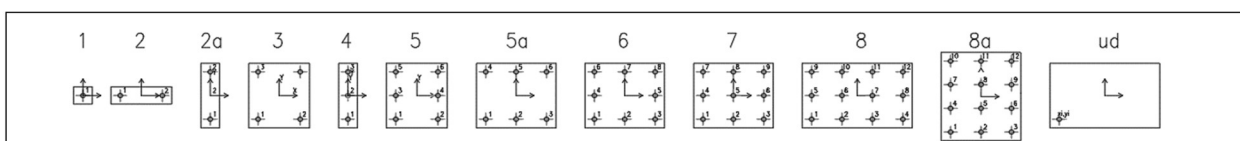
8

s min ≥ 96

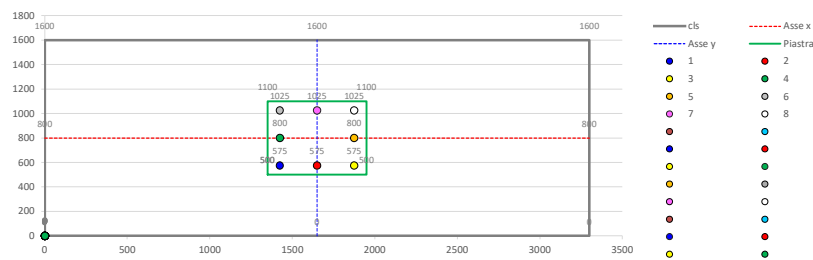
[hef > 40mm]

c1 < max(10hef; 60dnom) <

8000







N.B. Azione di taglio agente dal basso verso l'alto (lungo asse y)

<b>Piastra e allettamento</b>	
Spessore della malta (grout)	tgrout = 12 [mm]
Dimensione 1 piastra (parallela al bordo del cordolo)	Bp = 600 [mm]
Dimensione 2 piastra (ortogonale al bordo del cordolo)	Lp = 600 [mm]
Distanza 1 tra l'asse dei tirafondi/ancoranti e il bordo della piastra (ortogonale al bordo)	a = 75.0 [mm]
Distanza 2 tra l'asse dei tirafondi/ancoranti e il bordo della piastra (parallela al bordo)	b = 75.0 [mm]
Gioco del foro (hole clearance)	Presente
Spessore della piastra	t fix = 25 [mm]

<b>Geometria rosetta</b>	
Rosetta presente	Ancorante con rosetta
Diametro rosetta	dr = 120 [mm]
Spessore rosetta	tr = 20 [mm]

<b>CARATTERISTICHE DEL COLLEGAMENTO</b>	
Tecnologia ancoranti	chimici o a piolo
Tipo di vincolo dell'ancoraggio	pienamente vincolato
Elemento di collegamento (piastra) a contatto con l'ancorante per una lunghezza di almeno 0.5 t fix	si
Tipologia di fissaggio di una rondella o di un dado	fissati direttamente alla superficie di cls
Tipologia di ancorante (chimico o meccanico - verifica per rottura da pry-out)	a piolo o meccanici post-installati
Tipologia di fissaggio (con o senza armature supplementari a trazione) (Rottura del cono)	senza armatura supplementare
Tipologia di fissaggio (con o senza armature supplementari a taglio) (Rottura del bordo di cls)	senza armatura supplementare
Tipologia di fissaggio (con o senza armatura generica di bordo - Rottura del bordo di cls)	nessuna armatura di bordo

<b>AZIONI TRASMESSE DALL'ELEMENTO</b>	
Torsione trasmessa al collegamento	TEd = 98.21 [kNm]
Taglio trasmesso all'elemento collegato (gruppo di tirafondi)	VEd = 41.68 [kN]
Azione di trazione sul tirafondo di bordo	Nbor = 126.36 [kN]
Azione di trazione sul tirafondo intermedio	Nint = 126.36 [kN]
Numero tirafondi di bordo in trazione	ntb = 3 [-]

<b>COEFFICIENTI PARZIALI PER LA RESISTENZA</b>	
<b>Rottura dell'acciaio - Ancoranti</b>	
Trazione	Y <sub>Ms</sub> = 1.50 [-]
Taglio	Y <sub>Ms</sub> = 1.25 [-]
<b>Rottura dell'acciaio - Armatura supplementare</b>	
Y <sub>Ms/re</sub> = 1.15 [-]	
<b>Rottura del calcestruzzo</b>	
rottura del cono di calcestruzzo (T2)	Y <sub>Mc</sub> = Y <sub>c</sub> Y <sub>inst</sub> = 1.50 [-]
rottura del bordo di calcestruzzo	Y <sub>c</sub> = 1.50 [-]
rottura per blow-out e per pry-out del calcestruzzo	Y <sub>inst</sub> = 1.00 [-]
rottura per splitting del calcestruzzo	Y <sub>Msp</sub> = Y <sub>Mc</sub> = 1.50 [-]
rottura per sfilamento e combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo	Y <sub>Msp</sub> = Y <sub>Mc</sub> = 1.50 [-]





<b>CARICO DI TRAZIONE</b>	<b>NRd [kN]</b>	<b>NEd [kN]</b>	<b>βN [%]</b>	<b>Applicabilità</b>	<b>Rif.</b>
T1 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante	188.3	126.4	67%	Verifica richiesta	\$7.2.1.3
T2 - Rottura del cono di calcestruzzo	637.5	444.6	70%	Verifica richiesta	\$7.2.1.4
T3 - Rottura per sfilamento dell'ancorante	2660.0	126.4	5%	Verifica richiesta	\$7.2.1.5
T4 - Rottura combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.1.6
T5 - Rottura per "splitting" del calcestruzzo	1625.6	444.6	27%	Verifica richiesta	\$7.2.1.7
T6 - Rottura per "blow out" del calcestruzzo	3625.6	444.6	12%	Verifica richiesta	\$7.2.1.8
T7 - Rottura dell'acciaio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.1.9.1
T8 - Rottura dell'ancoraggio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.1.9.2

<b>CARICO DI TAGLIO</b>	<b>VRd [kN]</b>	<b>VEd [kN]</b>	<b>βV [%]</b>	<b>Applicabilità</b>	<b>Rif.</b>
S1 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante senza braccio di leva	113.0	55.2	49%	Verifica richiesta	\$7.2.2.3.1
S2 - Rottura dell'acciaio dell'ancorante con braccio di leva	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.2.3.2
S3a - Rottura "pry-out" del calcestruzzo	299.6	55.2	18%	Verifica richiesta	\$7.2.2.4
S3b - Rottura "pry-out" del calcestruzzo (ancoranti soggetti a taglio agente in direzioni opposte)	299.6	55.2	18%	Verifica richiesta	\$7.2.2.4
S4 - Rottura del bordo del calcestruzzo (concrete edge failure)	244.3	125.7	51%	Verifica richiesta	\$7.2.2.5
S5 - Rottura dell'acciaio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.2.6.2
S6 - Rottura dell'ancoraggio dell'armatura supplementare	-	-	N/A	NON applicabile	\$7.2.2.6.3

<b>VERIFICHE COMBinate</b>		<b>β [%]</b>	<b>Applicabilità</b>	<b>Rif.</b>
C1 - Rottura combinata a taglio e trazione (senza braccio di leva)	Rottura acciaio ancorante (β1 ≤ 1.00)	69%	Verifica richiesta	\$7.2.3.1
C1 - Rottura combinata a taglio e trazione	Modalità di rottura diverse dall'acciaio 1 (β2 ≤ 1.00)	95%	Verifica richiesta	\$7.2.3.1
C1 - Rottura combinata a taglio e trazione	Modalità di rottura diverse dall'acciaio 2 (β3 ≤ 1.20)	N/A	-	\$7.2.3.1
C2 - Rottura combinata a taglio e trazione con armatura supplementare	(NEd/NRd,i) <sup>k11</sup> + (VEd/VRd,i) <sup>k11</sup> ≤ 1	N/A	NON applicabile	\$7.2.3.2

<b>VERIFICHE AGGIUNTIVE</b>		<b>β [%]</b>	<b>Applicabilità</b>	<b>Rif.</b>
A1 - Verifiche aggiuntive - Rosetta	Schiacciamento cls	59%	Verifica richiesta	-
A1 - Verifiche aggiuntive - Rosetta	Rottura per flessione	59%	Verifica richiesta	-
		<b>c.s.</b>	<b>Applicabilità</b>	<b>Rif.</b>
A2 - Verifiche aggiuntive - Piastra di base	Punzonamento	3.65	Verifica richiesta	-
A2 - Verifiche aggiuntive - Piastra di base	Rifollamento	4.62	Verifica richiesta	-



<b>T1 - ROTTURA DELL'ACCIAIO DELL'ANCORANTE (Steel failure of fastener)</b>		<b>§7.2.1.3</b>
$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{M_s}$ Resistenza caratteristica singolo ancorante Resistenza di progetto singolo ancorante Azione assiale massima di sfilamento nel singolo ancorante Coefficiente di sfruttamento	NRk,s = 282.4 [kN] NRd,s = 188.3 [kN] NEd = 126.36 [kN] $\beta N = 67\%$ [-]	
<b>T3 - RESISTENZA PER SFILAMENTO DELL'ANCORANTE (Pull-out failure of fastener)</b>		<b>§7.2.1.5</b>
(N.B. Valida per ancoranti a piolo) Area portante della testa dell'ancorante Resistenza caratteristica in caso di rottura per sfilamento Resistenza di progetto in caso di rottura per sfilamento Azione assiale massima di sfilamento nel singolo ancorante Coefficiente di sfruttamento	(N.B. per ancoranti meccanici e muniti di testa post-inseriti vedere specifica tecnica di prodotto) Verifica applicabile : $k_2 = 10.5$ [-] $A_h = 10857$ [mm <sup>2</sup> ] NRk,p = 3990 [kN] NRd,p = 2660.0 [kN] NEd = 126.36 [kN] $\beta N = 5\%$ [-]	Verifica richiesta 
<b>T2 - ROTTURA DEL CONO DI CLS (Concrete cone failure)</b>		<b>§7.2.1.4</b>
$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = N_{Rk,c}/\gamma_{M_c}$ Coefficiente per calcestruzzo NON fessurato (pre-installati) Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante Interesse necessario per garantire la trasmissione della resistenza a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Distanza del bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza del bordo sulla superficie di calcestruzzo Area di proiezione effettiva del cono di calcestruzzo limitata dalla sovrapposizione dei coni di calcestruzzo degli ancoranti adiacenti Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore di spalling della parete esterna, valido per hef < 100 mm, che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo (ψ <sub>re,N</sub> = 1 se si è in presenza di armatura, vedere 7.2.1.4(5)) Fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo quando diversi carichi di trazione agiscono sugli ancoranti del gruppo Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo Resistenza di progetto in caso di rottura del cono di calcestruzzo Forza di trazione sul gruppo di tirafondi Coefficiente di sfruttamento	(N.B. verifica da condurre in assenza di armature integrative) Armatura suppl. No → $k_1 = 12.7$ [-] $N^0_{Rk,c} = 1700.1$ [kN] Scr,N = 2400 [mm] Ccr,N = 1200 [mm] $A^0_{c,N} = 5760000$ [mm <sup>2</sup> ] $A_{c,N} = 3840000$ [mm <sup>2</sup> ] $\psi_{S,N} = 0.84$ [-] $\psi_{re,N} = 1.00$ [-] $\psi_{ec,N} = 1.00$ [-] $\psi_{MN} = 1.00$ [-] $NR_{k,c} = 956.3$ [kN] $NR_{d,c} = 637.5$ [kN] $N_{Ed} = 444.6$ [kN] $\beta N = 70\%$ [-]	Verifica richiesta 
<b>T5 - ROTTURA PER SPLITTING DEL CALCESTRUZZO (Concrete splitting failure)</b>		<b>§7.2.1.7</b>
Coefficiente per calcestruzzo non fessurato Spessore minimo dell'elemento di calcestruzzo Spessore dell'elemento in calcestruzzo Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo Interesse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Distanza del bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo Area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza del bordo sulla superficie di calcestruzzo Area effettiva del cono di calcestruzzo di un ancorante sulla sferficie di calcestruzzo Area di armatura necessaria in prossimità dei tasselli tesi per resistere alle forze di splitting Non è richiesta alcuna verifica se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni: Condizione b1 Condizione b2 Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico Fattore che considera l'influenza della reale profondità di infissione Valore iniziale della resistenza caratteristica dell'ancorante Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo Resistenza di progetto Forza di trazione sul gruppo di tirafondi Coefficiente di sfruttamento Numero di barre per ancorante per resistere alle forze di splitting Diametro delle barre Area delle barre	$k_4 = 0.5$ [-] $h_{min} = 848$ [mm] $H = 1700$ [mm] $hef = 800$ [mm] Scr,Sp = 1600 [mm] Ccr,Sp = 800 [mm] $A^0_{c,N} = 2560000$ [mm <sup>2</sup> ] $A_{c,N} = 2560000$ [mm <sup>2</sup> ] $\Sigma a_{s,re} = 568.0$ [mm <sup>2</sup> ] Verifica richiesta $\psi_{S,N} = 0.92$ [-] $\psi_{re,N} = 1.00$ [-] $\psi_{ec,N} = 1.00$ [-] $\psi_{h,sp} = 1.57$ [-] $N^0_{Rk,sp} = 1700.1$ [kN] $NR_{k,sp} = 2438.4$ [kN] $NR_{d,sp} = 1625.6$ [kN] $N_{Ed} = 444.6$ [kN] $\beta N = 27\%$ [-] $n_{barre} = 6$ $\varnothing = 12$ [mm] $A_{s,re,i} = 678.6$	



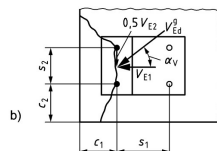
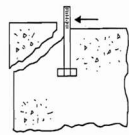
T6 - RESISTENZA ALL'ESPULSIONE DEL CLS (BLOW OUT)		(N.B. verifica da condurre per ancoranti a piolo e meccanismi sottosquadro post-inseriti)	§7.2.1.8
<p>Stato del calcestruzzo</p> <p>Coefficiente per calcestruzzo non fessurato</p> <p>Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo c1</p> <p>Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo c2</p> <p>Interasse ancoraggi esterni</p> <p>Interasse minimo ammissibile (4d)</p> <p>Diametro ancorante</p> <p>Area portante della testa dell'ancorante</p> <p>Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo</p> <p>Area di riferimento proiettata per un singolo ancorante con una distanza dal bordo c1</p> <p>Area di riferimento proiettata per un gruppo di ancoranti con una distanza dal bordo c1</p> <p>Fattore che considera la distorsione della distribuzione delle sollecitazioni nel cls a causa della vicinanza di un bordo dell'elemento di cls</p> <p>Fattore che considera l'effetto di gruppo di un numero di ancoranti n in una fila parallela al bordo</p> <p>Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di trazione agiscono sui singoli ancoranti del gruppo</p> <p>Valore iniziale della resistenza caratteristica dell'ancorante, non influenzata da ancoranti adiacenti o da altri bordi</p> <p>Resistenza caratteristica dell'ancorante, non influenzata da ancoranti adiacenti o da altri bordi</p> <p>Resistenza di progetto</p> <p>Forza di trazione sul gruppo di tirafondi</p> <p>Coefficiente di sfruttamento</p>	<p><b>Verifica applicabile:</b></p> <p>fessurato = no</p> <p>k5 = 12.2 [-]</p> <p>c1 = 575 [mm]</p> <p>c2 = 1425 [mm]</p> <p>s2 = 225 [mm]</p> <p>s min = 96 [mm]</p> <p>d = 24 [mm]</p> <p>Ah = 10857 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>fck = 35 [MPa]</p> <p>A<sup>0</sup>c,Nb = 5290000 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>Ac,Nb = 3910000 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>ψs,Nb = 1.00 [-]</p> <p>ψg,Nb = 1.70 [-]</p> <p>ψec,Nb = 1.00 [-]</p> <p>N<sup>0</sup>Rk,cb = 4324.4 [kN]</p> <p>NRk,cb = 5438.5 [kN]</p> <p>NRd,cb = 3625.6 [kN]</p> <p>NEd = 444.6 [kN]</p> <p>βN = 12% [-]</p>		<p><b>Verifica richiesta</b></p> <p>(4 x c1)<sup>2</sup></p> <p>Ac,N / A0c,N = 0.739</p> <p>con s2 = 225 ≤ 2300</p> <p>ψec,Nb = min{1; 1/[(1+2*eN/4c1)]}</p> <p>N<sup>0</sup>Rk,cb = k5 x c1 x √Ah x √fck</p> <p>NRk,cb = N0Rk,cb x Ac,Nb/A0c,Nb (ψs,Nb ψg,Nb ψec,Nb)</p> <p>formula 7.27</p> <p>valore suggerito: 6325000</p> <p>formula 7.28</p> <p>formula 7.29</p> <p>formula 7.30</p> <p>formula 7.26</p> <p>formula 7.25</p>

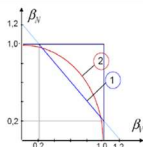
S1 - ROTTURA DELL'ACCIAIO DELL'ANCORANTE SENZA BRACCIO DI LEVA (Steel failure of fastener without lever arm)		§7.2.2.3.1
<p>Diametro del tirafondo</p> <p>Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo</p> <p>Spessore della malta</p> <p>Area efficace singolo tirafondo</p> <p>Tensione nominale caratteristica a rottura</p> <p>Se hef/d &lt; 5 e classe CLS &lt; C20/25 = 0.8, altrimenti = 1</p> <p>Resistenza caratteristica iniziale del singolo ancorante</p> <p>Fattore di duttilità dell'acciaio</p> <p>Resistenza caratteristica del singolo ancorante</p> <p>Coefficiente parziale di sicurezza rottura acciaio</p> <p>Resistenza di calcolo del singolo ancorante</p> <p>Azione massima di taglio sul singolo ancorante</p> <p>Coefficiente di sfruttamento</p>	<p><b>Verifica applicabile :</b></p> <p>d = 24 [mm]</p> <p>hef = 650 [mm]</p> <p>tgrout = 12 [mm]</p> <p>As = 353 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>k6 = 0.5 [-]</p> <p>Ftk = 800 [MPa]</p> <p>V<sup>0</sup>Rk,s = 141.20 [kN]</p> <p>k7 = 1.0 [-]</p> <p>VRk,s = 141.20 [kN]</p> <p>γMs = 1.25 [-]</p> <p>VRd,s = 112.96 [kN]</p> <p>VEd = 55.24 [kN]</p> <p>βV = 49% [-]</p>	<p><b>Verifica richiesta</b></p> <p>formula 7.34</p> <p>formule 7.35/7.36</p> <p>rottura a taglio dell'acciaio</p>

S3a - ROTTURA PER PRY-OUT DEL CALCESTRUZZO (Concrete pry-out failure)		§7.2.2.4
<p>V<sub>Ed</sub> ≤ V<sub>Rd,cp</sub> = V<sub>Rk,cp</sub>/γ<sub>M,c</sub></p> <p>Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo</p> <p>Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico</p> <p>Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo</p> <p>Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone failure)</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone pull-out + cone failure)</p> <p>Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti chimici)</p> <p>Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti a piolo o meccanici post-installati)</p> <p>Resistenza di calcolo del singolo ancorante/del gruppo di ancoranti caricati a taglio</p> <p>Azione massima di taglio sul singolo ancorante/sul gruppo di ancoranti</p> <p>Coefficiente di sfruttamento</p>	<p><b>Verifica applicabile :</b></p> <p>A<sup>0</sup>c,N = 5760000 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>Ac,N = 902343.75 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>k8 = 2.00 [-]</p> <p>ψs,N = 0.84 [-]</p> <p>ψec,N = 1.00 [-]</p> <p>ψre,N = 1.00 [-]</p> <p>ψ<sub>MIN</sub> = 1.00 [-]</p> <p>NRk,c = 224.7 [kN]</p> <p>NRk,p = 1757.8 [kN]</p> <p>VRk,cp = 449.4 [kN]</p> <p>VRk,cp = 449.4 [kN]</p> <p>VRd,s = 299.6 [kN]</p> <p>VEd = 55.24 [kN]</p> <p>βV = 18% [-]</p>	<p><b>Verifica richiesta</b></p> <p>A0c,N / Ac,N = 0.157</p> <p>Vedi Specifica Tecnica Europea</p> <p>ψec,N = min{1; 1/[(1+2e1/Scr,sp)*(1+2e2/Scr,sp)]}</p> <p>ψre,N = min{1; 0.5hef/200}</p> <p>(dalla specifica tecnica europea)</p> <p>formule 7.39a/b</p> <p>formule 7.39c/d</p> <p>rottura a strappo del calcestruzzo</p>

S3b - ROTTURA PER PRY-OUT DEL CALCESTRUZZO (Concrete pry-out failure)		§7.2.2.4
<p>Gruppo di 4 ancoranti senza influenza del bordo</p> <p>V<sub>Ed</sub> ≤ V<sub>Rd,cp</sub> = V<sub>Rk,cp</sub>/γ<sub>M,c</sub></p> <p>Per ancoranti caricati prevalentemente mediante un momento torcente, viene verificato l'ancorante più sfavorevole. Quando si calcolano le aree Ac,N e A0c,N si deve assumere la presenza di un bordo virtuale (c = 0.5s) nella direzione di uno o più ancoranti vicini.</p> <p>Fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza dei bordi dall'elemento di calcestruzzo</p> <p>Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico</p> <p>Fattore che considera le sezioni densamente armate di calcestruzzo</p> <p>Fattore che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra l'elemento di collegamento e cls nei casi di momenti flettenti con o senza forza assiale</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone failure)</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo (cone pull-out + cone failure)</p> <p>Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti chimici)</p> <p>Resistenza di progetto per pryout/strappo (per ancoranti a piolo o meccanici post-installati)</p> <p>Resistenza di calcolo del singolo ancorante</p> <p>Azione massima di taglio sul singolo ancorante</p> <p>Coefficiente di sfruttamento</p>	<p><b>Verifica applicabile :</b></p> <p>configurazione: a)</p> <p>A<sup>0</sup>c,N = 5760000 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>Ac,N = 902343.75 [mm<sup>2</sup>]</p> <p>k8 = 2.00 [-]</p> <p>ψs,N = 0.84 [-]</p> <p>ψec,N = 1.00 [-]</p> <p>ψre,N = 1.00 [-]</p> <p>ψ<sub>MIN</sub> = 1.00 [-]</p> <p>NRk,c = 224.7 [kN]</p> <p>NRk,p = 172.1 [kN]</p> <p>VRk,cp = 344.2 [kN]</p> <p>VRk,cp = 449.4 [kN]</p> <p>VRd,s = 299.6 [kN]</p> <p>VEd = 55.24 [kN]</p> <p>βV = 18% [-]</p>	<p><b>Verifica richiesta</b></p> <p>A0c,N / Ac,N = 0.157</p> <p>Vedi Specifica Tecnica Europea</p> <p>ψec,N = min{1; 1/[(1+2e1/Scr,sp)*(1+2e2/Scr,sp)]}</p> <p>ψre,N = min{1; 0.5hef/200}</p> <p>(dalla specifica tecnica europea)</p> <p>formule 7.39a/b</p> <p>formule 7.39c/d</p> <p>rottura a strappo del calcestruzzo</p>



<p><b>Figura 7.12</b></p> <p><math>V_{E1} = 3 \times 36.37\text{kN} = 109.11 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{E2} = 3 \times 41.58\text{kN} = 124.74 \text{ kN}</math></p> <p><math>0.5 V_{E2} = 62.37 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Edg} = \sqrt{V_{E1}^2 + (0.5 V_{E2})^2} = 125.68 \text{ kN}</math></p> <p><math>\alpha_v = \arctan(62.37/109.11) = 29.75^\circ</math></p>	<div>  </div> <div> <p><b>Key</b></p> <p><math>V_{E1} = V_{Ed} \cos \alpha</math></p> <p><math>V_{E2} = V_{Ed} \sin \alpha</math></p> </div>																																																																																																			
<p><b>S4 - ROTTURA DEL BORDO DEL CALCESTRUZZO (Concrete edge failure)</b></p>	<p><b>§7.2.2.5</b></p>																																																																																																			
<p>Armatura (non dedicata) di bordo presente → <b>NO</b></p> <p>Spessore piastra</p> <p>Spessore limite piastra (per applicabilità della disposizioni del § 7.2.2.5)</p> <p>Coefficiente per calcestruzzo non fessurato</p> <p>Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo</p> <p>Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo (direzione perpendicolare al bordo)</p> <p>Distanza dell'asse del tirafondo dal bordo (direzione parallela al bordo)</p> <p>Interasse ancoraggi in direzione parallela al bordo</p> <p>Diametro ancorante</p> <p>Altezza di affondamento in caso di diametro uniforme del gambo dell'ancorante munito di testa e di un diametro uniforme dell'ancorante post-inserito</p> <p>Area di base del cono di cls di un singolo ancorante sulla superficie laterale del cls</p> <p>Area effettiva della base del cono di calcestruzzo dell'ancorante sulla superficie laterale del calcestruzzo</p> <p>Coefficiente funzione della profondità dell'ancoraggio</p> <p>Coefficiente funzione del diametro dell'ancoraggio</p> <p>Fattore che considera l'influenza sulla resistenza a taglio della distribuzione delle sollecitazioni nel calcestruzzo per la vicinanza degli ancoranti ad ulteriori bordi dell'elemento di calcestruzzo</p> <p>Fattore che considera che la resistenza a taglio non diminuisca proporzionalmente allo spessore dell'elemento come ipotizzato nel rapporto <math>AcV / A^0cV</math></p> <p>Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di taglio agiscono sui singoli ancoranti del gruppo</p> <p>Fattore che considera l'effetto dell'armatura situata sul bordo</p> <p>Angolo tra il carico applicato <math>V_{Ed}</math> e la direzione perpendicolare all'estremo libero dell'elemento di calcestruzzo <math>0^\circ \leq \alpha_v \leq 90^\circ</math></p> <p>Fattore che tiene conto dell'influenza di un carico di taglio inclinato sul bordo in fase di valutazione della resistenza del bordo del calcestruzzo</p> <p>Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante</p> <p>Resistenza caratteristica in caso di rottura del bordo di calcestruzzo</p> <p>Resistenza di progetto ancoranti</p> <p>Taglio agente sul gruppo di ancoranti</p> <p><b>Coefficiente di sfruttamento</b></p>	<p>Armatura suppl. → <b>No</b></p> <div>  </div> <table> <tr> <td>t =</td><td>25</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>t lim =</td><td>162.5</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>k9 =</td><td>2.4</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td>hef =</td><td>650</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>c1 =</td><td>575</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>c2 =</td><td>1425</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>s2 =</td><td>225</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>d =</td><td>24</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td>if =</td><td>288</td><td>[mm]</td></tr> <tr> <td><math>A^0c, V =</math></td><td>1487813</td><td>[mm<sup>2</sup>]</td></tr> <tr> <td><math>Ac, V =</math></td><td>1487813</td><td>[mm<sup>2</sup>]</td></tr> <tr> <td><math>Ac, V / A^0c, V =</math></td><td>1</td><td></td></tr> <tr> <td><math>\alpha =</math></td><td>0.07</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\alpha = 0.1 \times (if/c1)^{0.5}</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\beta =</math></td><td>0.05</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\beta = 0.1 \times (d_{nom}/c1)^{0.5}</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\psi_s, V =</math></td><td>1.00</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\psi_s, V = 0.7 + 0.3 \times c2 / (1.5c1) \leq 1.00</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\psi_{sh}, V =</math></td><td>1.00</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\psi_{sh}, V = (1.5xc1/h)^{0.5} \geq 1.00</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\psi_{ec}, V =</math></td><td>1.00</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\psi_{ec}, V = \min(1; 1/[(1+2ex/3c1)^2 * (1+2ey/3c1)])</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\psi_{re}, V =</math></td><td>1.00</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\alpha_v =</math></td><td>29.75</td><td>[°]</td></tr> <tr> <td><math>\psi_{\alpha}, V =</math></td><td>1.11</td><td>[-]</td></tr> <tr> <td><math>\psi_{\alpha}, V = [1/(\cos \alpha_v)^2 + (0.5 \sin \alpha_v)^2]^{0.5} \geq 1</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>V^0Rk, c =</math></td><td>330.92</td><td>[kN]</td></tr> <tr> <td><math>V^0Rk, c = k9 \times d^3 \times if^3 \times \sqrt{f_{ck}} \times c1^{1.5}</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>VRk, c =</math></td><td>366.5</td><td>[kN]</td></tr> <tr> <td><math>V_{Rk, c} = V^0Rk, c \times Ac, V / A^0c, V (\psi_s, V \psi_{re}, V \psi_{ec}, V \psi_{sh}, V)</math></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td><math>VRd, c =</math></td><td>244.3</td><td>[kN]</td></tr> <tr> <td><math>VSd =</math></td><td>125.68</td><td>[kN]</td></tr> <tr> <td><math>\beta V =</math></td><td>51%</td><td>[-]</td></tr> </table>	t =	25	[mm]	t lim =	162.5	[mm]	k9 =	2.4	[-]	hef =	650	[mm]	c1 =	575	[mm]	c2 =	1425	[mm]	s2 =	225	[mm]	d =	24	[mm]	if =	288	[mm]	$A^0c, V =$	1487813	[mm <sup>2</sup> ]	$Ac, V =$	1487813	[mm <sup>2</sup> ]	$Ac, V / A^0c, V =$	1		$\alpha =$	0.07	[-]	$\alpha = 0.1 \times (if/c1)^{0.5}$			$\beta =$	0.05	[-]	$\beta = 0.1 \times (d_{nom}/c1)^{0.5}$			$\psi_s, V =$	1.00	[-]	$\psi_s, V = 0.7 + 0.3 \times c2 / (1.5c1) \leq 1.00$			$\psi_{sh}, V =$	1.00	[-]	$\psi_{sh}, V = (1.5xc1/h)^{0.5} \geq 1.00$			$\psi_{ec}, V =$	1.00	[-]	$\psi_{ec}, V = \min(1; 1/[(1+2ex/3c1)^2 * (1+2ey/3c1)])$			$\psi_{re}, V =$	1.00	[-]	$\alpha_v =$	29.75	[°]	$\psi_{\alpha}, V =$	1.11	[-]	$\psi_{\alpha}, V = [1/(\cos \alpha_v)^2 + (0.5 \sin \alpha_v)^2]^{0.5} \geq 1$			$V^0Rk, c =$	330.92	[kN]	$V^0Rk, c = k9 \times d^3 \times if^3 \times \sqrt{f_{ck}} \times c1^{1.5}$			$VRk, c =$	366.5	[kN]	$V_{Rk, c} = V^0Rk, c \times Ac, V / A^0c, V (\psi_s, V \psi_{re}, V \psi_{ec}, V \psi_{sh}, V)$			$VRd, c =$	244.3	[kN]	$VSd =$	125.68	[kN]	$\beta V =$	51%	[-]
t =	25	[mm]																																																																																																		
t lim =	162.5	[mm]																																																																																																		
k9 =	2.4	[-]																																																																																																		
hef =	650	[mm]																																																																																																		
c1 =	575	[mm]																																																																																																		
c2 =	1425	[mm]																																																																																																		
s2 =	225	[mm]																																																																																																		
d =	24	[mm]																																																																																																		
if =	288	[mm]																																																																																																		
$A^0c, V =$	1487813	[mm <sup>2</sup> ]																																																																																																		
$Ac, V =$	1487813	[mm <sup>2</sup> ]																																																																																																		
$Ac, V / A^0c, V =$	1																																																																																																			
$\alpha =$	0.07	[-]																																																																																																		
$\alpha = 0.1 \times (if/c1)^{0.5}$																																																																																																				
$\beta =$	0.05	[-]																																																																																																		
$\beta = 0.1 \times (d_{nom}/c1)^{0.5}$																																																																																																				
$\psi_s, V =$	1.00	[-]																																																																																																		
$\psi_s, V = 0.7 + 0.3 \times c2 / (1.5c1) \leq 1.00$																																																																																																				
$\psi_{sh}, V =$	1.00	[-]																																																																																																		
$\psi_{sh}, V = (1.5xc1/h)^{0.5} \geq 1.00$																																																																																																				
$\psi_{ec}, V =$	1.00	[-]																																																																																																		
$\psi_{ec}, V = \min(1; 1/[(1+2ex/3c1)^2 * (1+2ey/3c1)])$																																																																																																				
$\psi_{re}, V =$	1.00	[-]																																																																																																		
$\alpha_v =$	29.75	[°]																																																																																																		
$\psi_{\alpha}, V =$	1.11	[-]																																																																																																		
$\psi_{\alpha}, V = [1/(\cos \alpha_v)^2 + (0.5 \sin \alpha_v)^2]^{0.5} \geq 1$																																																																																																				
$V^0Rk, c =$	330.92	[kN]																																																																																																		
$V^0Rk, c = k9 \times d^3 \times if^3 \times \sqrt{f_{ck}} \times c1^{1.5}$																																																																																																				
$VRk, c =$	366.5	[kN]																																																																																																		
$V_{Rk, c} = V^0Rk, c \times Ac, V / A^0c, V (\psi_s, V \psi_{re}, V \psi_{ec}, V \psi_{sh}, V)$																																																																																																				
$VRd, c =$	244.3	[kN]																																																																																																		
$VSd =$	125.68	[kN]																																																																																																		
$\beta V =$	51%	[-]																																																																																																		

<b>C1 - ROTTURA COMBINATA A TAGLIO E TRAZIONE</b>		N.B. verifiche richieste per ancoranti muniti di testa e post-inseriti con e senza armatura supplementare	
Tipologia di verifica a taglio: Senza braccio di leva		<b>§7.2.3.1</b>	
<b>Rottura acciaio ancorante</b> $(N_{Ed}/NRd, s)^2 + (V_{Ed}/VRd, s)^2 \leq 1$		<b>Verifica richiesta</b> $\beta 1 = 69\%$ [-]	
<b>Modalità di rottura diverse dalla rottura dell'acciaio (rottura lato calcestruzzo)</b> $(N_{Ed}/NRd, i)^{3/2} + (V_{Ed}/VRd, i)^{3/2} \leq 1$ oppure		 <b>β2 = 95%</b> [-]	

<b>A1 - VERIFICHE AGGIUNTIVE - ROSETTA</b>		N.B. per ancoranti muniti di rosetta																																													
<b>Rottura per schiacciamento del calcestruzzo</b> Resistenza cilindrica a compressione caratteristica Coefficiente cls lunga durata Diametro rosetta Spessore rosetta Diametro del tirafondo Area portante della testa dell'ancorante Resistenza caratteristica Resistenza di progetto Forza di trazione del singolo tirafondo Coefficiente di sfruttamento		<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>Verifica applicabile:</b></td><td colspan="2"><b>Verifica richiesta</b></td></tr> <tr> <td><math>f_{ck} =</math></td><td>35</td><td>[MPa]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>\alpha_{cc} =</math></td><td>0.85</td><td>[-]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>d_h =</math></td><td>120</td><td>[mm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>t_r =</math></td><td>20</td><td>[mm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>d =</math></td><td>24</td><td>[mm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>A_h =</math></td><td>10857</td><td>[mm<sup>2</sup>]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>NRk =</math></td><td>323.01</td><td>[kN]</td><td><math>NRk = A_h \times f_{ck} \times \alpha_{cc}</math></td></tr> <tr> <td><math>NRd =</math></td><td>215.34</td><td>[kN]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>NEd =</math></td><td>126.36</td><td>[kN]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>\beta =</math></td><td>58.68%</td><td>[-]</td><td></td></tr> </table>		<b>Verifica applicabile:</b>		<b>Verifica richiesta</b>		$f_{ck} =$	35	[MPa]		$\alpha_{cc} =$	0.85	[-]		$d_h =$	120	[mm]		$t_r =$	20	[mm]		$d =$	24	[mm]		$A_h =$	10857	[mm <sup>2</sup> ]		$NRk =$	323.01	[kN]	$NRk = A_h \times f_{ck} \times \alpha_{cc}$	$NRd =$	215.34	[kN]		$NEd =$	126.36	[kN]		$\beta =$	58.68%	[-]	
<b>Verifica applicabile:</b>		<b>Verifica richiesta</b>																																													
$f_{ck} =$	35	[MPa]																																													
$\alpha_{cc} =$	0.85	[-]																																													
$d_h =$	120	[mm]																																													
$t_r =$	20	[mm]																																													
$d =$	24	[mm]																																													
$A_h =$	10857	[mm <sup>2</sup> ]																																													
$NRk =$	323.01	[kN]	$NRk = A_h \times f_{ck} \times \alpha_{cc}$																																												
$NRd =$	215.34	[kN]																																													
$NEd =$	126.36	[kN]																																													
$\beta =$	58.68%	[-]																																													

<b>Rottura per flessione della rosetta</b> Modulo di resistenza Luce di calcolo Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo di progetto Altezza di affondamento/ lunghezza tirafondo Pressione di contatto rosetta Coefficiente parziale di sicurezza Momento resistente caratteristico Momento resistente Momento sollecitante Coefficiente di sfruttamento		<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>Verifica applicabile:</b></td><td colspan="2"><b>Verifica richiesta</b></td></tr> <tr> <td><math>W =</math></td><td>1600</td><td>[mm<sup>3</sup>]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>l =</math></td><td>48.00</td><td>[mm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>f_{bd} =</math></td><td>3.37</td><td>[MPa]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>hef =</math></td><td>650</td><td>[mm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>q_{ros} =</math></td><td>11.64</td><td>[MPa]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>\gamma_M =</math></td><td>1.05</td><td>[-]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>MRk =</math></td><td>0.57</td><td>[kNm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>MRd =</math></td><td>0.54</td><td>[kNm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>MEd =</math></td><td>0.32</td><td>[kNm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>\beta =</math></td><td>59.48%</td><td>[-]</td><td></td></tr> </table>		<b>Verifica applicabile:</b>		<b>Verifica richiesta</b>		$W =$	1600	[mm <sup>3</sup> ]		$l =$	48.00	[mm]		$f_{bd} =$	3.37	[MPa]		$hef =$	650	[mm]		$q_{ros} =$	11.64	[MPa]		$\gamma_M =$	1.05	[-]		$MRk =$	0.57	[kNm]		$MRd =$	0.54	[kNm]		$MEd =$	0.32	[kNm]		$\beta =$	59.48%	[-]	
<b>Verifica applicabile:</b>		<b>Verifica richiesta</b>																																													
$W =$	1600	[mm <sup>3</sup> ]																																													
$l =$	48.00	[mm]																																													
$f_{bd} =$	3.37	[MPa]																																													
$hef =$	650	[mm]																																													
$q_{ros} =$	11.64	[MPa]																																													
$\gamma_M =$	1.05	[-]																																													
$MRk =$	0.57	[kNm]																																													
$MRd =$	0.54	[kNm]																																													
$MEd =$	0.32	[kNm]																																													
$\beta =$	59.48%	[-]																																													

<b>A2 - VERIFICHE AGGIUNTIVE - PIASTRA DI BASE</b>																															
<b>Punzonamento</b> Spessore della piastra Resistenza caratteristica a rottura Coefficiente parziale di sicurezza Resistenza a punzonamento della piastra di base Forza di trazione del singolo tirafondo Coefficiente di sicurezza		<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>Verifica applicabile:</b></td><td colspan="2"><b>Verifica richiesta</b></td></tr> <tr> <td><math>t =</math></td><td>25</td><td>[mm]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>f_{tk} =</math></td><td>510</td><td>[MPa]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>\gamma_{M2} =</math></td><td>1.25</td><td>[-]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>NRd =</math></td><td>461.44</td><td>[kN]</td><td><math>NRd = (0.6 \times \pi \times d \times t \times f_{tk}) / \gamma_{M2}</math></td></tr> <tr> <td><math>NEd =</math></td><td>126.36</td><td>[kN]</td><td></td></tr> <tr> <td><math>c.s. =</math></td><td>3.65</td><td>[-]</td><td></td></tr> </table>		<b>Verifica applicabile:</b>		<b>Verifica richiesta</b>		$t =$	25	[mm]		$f_{tk} =$	510	[MPa]		$\gamma_{M2} =$	1.25	[-]		$NRd =$	461.44	[kN]	$NRd = (0.6 \times \pi \times d \times t \times f_{tk}) / \gamma_{M2}$	$NEd =$	126.36	[kN]		$c.s. =$	3.65	[-]	
<b>Verifica applicabile:</b>		<b>Verifica richiesta</b>																													
$t =$	25	[mm]																													
$f_{tk} =$	510	[MPa]																													
$\gamma_{M2} =$	1.25	[-]																													
$NRd =$	461.44	[kN]	$NRd = (0.6 \times \pi \times d \times t \times f_{tk}) / \gamma_{M2}$																												
$NEd =$	126.36	[kN]																													
$c.s. =$	3.65	[-]																													



<b>Rifollamento</b>		
Diametro del tirafondo	d = 24 [mm]	
Diametro del foro	do = 24 [mm]	
Distanza perpendicolare asse tirafondo - bordo	e1 = 30 [mm]	
Distanza // asse tirafondo - bordo	e2 = 50 [mm]	
Interasse tra i tirafondi in direzione parallela al bordo	i1 = 225 [mm]	
Tensione caratteristica a rottura del tirafondo	ftbk = 800 [MPa]	
Tensione caratteristica a rottura della piastra di base	ftk = 510 [MPa]	
	α = 0.42 [-]	
	k = 2.50 [-]	
Resistenza a punzonamento della piastra di base	VRd = 255.00 [kN]	VRd = (k x α x ftk x d x t) / γM2
Forza di trazione del singolo tirafondo	VEd = 55.24 [kN]	
<b>Coefficiente di sicurezza</b>	<b>c.s. = 4.62 [-]</b>	



### 11.5.3.2 Azioni sui tirafondi per verifica a fatica

Di seguito si riporta il calcolo dell'azione sui tirafondi di ancoraggio per l'azione del vento.

La massima azione flettente risulta pari a:  $M_{Ed,SLU} / \gamma_{vento} = 149.85 \text{ kNm} / 1.5 = 99.9 \text{ kNm}$ .

Tale valutazione viene effettuata considerando, cautelativamente, una sezione di calcestruzzo reagente ridotta, tramite il calcolo del T-stub. Nel caso specifico, l'altezza della sezione risulta pari a 0.516m.

Di seguito la valutazione della trazione mediante il software VCA SLU.

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	-30	25.8
2	-30	-25.8
3	30	-25.8
4	30	25.8

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.53	22.5	4.2
2	3.53	22.5	-18.3
3	3.53	0	-18.3
4	3.53	-22.5	-18.3
5	3.53	-22.5	4.2

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.  
☐ DXF

**Sollecitazioni**  
**S.L.U.** **Metodo n**  
**N**  **kN**  
**M**  **99.9** **kNm**  
**M**  **0**

**P.to applicazione N**  
☐ Centro ☐ Baricentro cls  
☒ Coord.[cm] **xN**  **yN**

**Materiali**  
**B450C** **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s / E_c$    $f_{cc} / f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    $\tau_{cl}$

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   ‰  
**d**  cm  
**x**  **x/d**   $\delta$

**Metodo di calcolo**  
☐ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☒ Metodo n

**Verifica**  
**N° iterazioni:**

☐ Precompresso

La sollecitazione massima di trazione agente sui singoli tirafondi risulta pari a:

$$N_{Ed} = 78.43 \text{ kN} \quad (\sigma_{t,Ed} = 222.2 \text{ Mpa})$$

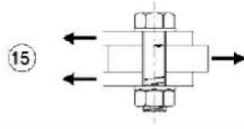
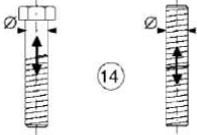
La massima sollecitazione di taglio sul bullone vale:

$$V_{Ed,Fatica} = V_{Ed,SLU} / 1.5 = 55.24 \text{ kN} / 1.5 = 36.82 \text{ kN}$$



### 11.5.3.3 Verifica a fatica dei tirafondi

Per i tirafondi si fa riferimento alle seguenti classi di dettaglio in accordo alla Circolare NTC 2018.

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
100		15) Bulloni sollecitati a taglio su uno o due piani non interessanti la parte filettata. - Bulloni calibrati - Bulloni normali di grado 5.6, 8.8 e 10.9 e assenza di inversioni di carico	$\Delta\tau$ calcolati in riferimento all'area del gambo
50		14) Bulloni e barre filettate soggetti a trazione. Per bulloni di diametro $\phi > 30$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente $k_s = (30/\phi)^{0.25}$	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione della parte filettata, considerando gli effetti dovuti all'effetto leva e alla flessione ulteriore. Per bulloni precaricati $\Delta\sigma$ possono essere ridotti.

I tirafondi saranno precaricati con una forza di trazione pari al 30% del massimo precarico ammissibile.

Inoltre, si considera, conservativamente, una perdita del precarico iniziale pari al 65%.

Nelle tabelle seguenti si riporta il calcolo del danneggiamento per i 161 intervalli considerati.

#### VERIFICA A DANNEGGIAMENTO PER L'AZIONE DEL VENTO - TIRAFONDI

##### Geometria tirafondo

d	mm	24	Diametro tirafondo
As	mm <sup>2</sup>	353	Area netta tirafondo
ftbk	MPa	800	Resistenza caratteristica a rottura dell'acciaio

##### Azioni sollecitanti e precarico

Ned	kN	78.43	Azioni sollecitante comb.RARA
Fp,c	kN	197.68	Massima forza di precarico da NTC
$\alpha$	%	30	Percentuale di precarico iniziale
P0	kN	59.30	Precarico a tempo zero $P_{inf} = \alpha * F_{p,c}$
$\beta$	%	65	Perdita del precarico a lungo termine
Pinf	kN	20.76	Precarico a tempo infinito $P_{inf} = (1-\beta) * P_0$
$\sigma_{p,inf}$	MPa	58.8	Tensione a tempo infinito per il precarico

##### Parametri verifica a danneggiamento

Sk	MPa	222.18	Tensione caratteristica per effetto del vento $Sk = Ned/As$
$\gamma_{Mf}$	-	1.35	Coefficiente di sicurezza per fatica
$\Delta\sigma_c$	MPa	50	Classe del dettaglio di fatica
ks	-	1.00	Fattore di riduzione della classe (per bulloni $k_s = (30/\phi)^{0.25}$ )
$k_s * \Delta\sigma_c$	MPa	50.000	-
$\Delta\sigma_{c,r}$	MPa	37.037	Classe del dettaglio di fatica ridotto: $\Delta\sigma_{c,r} = \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$
$\Delta\sigma_d$	MPa	27.296	Limite di fatica ad ampiezza costante $N=5 \times 10^6$ : $\Delta\sigma_d = 0,737 \Delta\sigma_c$
$\Delta\sigma_L$	MPa	14.986	Limite di fatica per $N > 10^8$ : $\Delta\sigma_L = 0,549 \Delta\sigma_d$
m	-	3	Esponente curve S-N
m+2	-	5	Esponente curve S-N
N1	-	2000000	Numero di cicli calcolo resistenza a fatica del dettaglio
N2	-	5000000	Numero di cicli per limite di fatica ad ampiezza costante
N3	-	10000000	Numero di cicli limite per i calcoli di fatica

Di seguito il dettaglio del calcolo.



Verifica a danneggiamento								Sum_Di
Log(Ng)	Ng	ΔNg	log(ΔNg)	ΔS/Sk	ΔS	ΔS-σp	Nr	D= ΔNg/Nr
-	-	-	-	-	Mpa	Mpa	-	-
0	1.00	0.12	-0.91	1.0000	222.18	163.38	23299	0.00000524
0.05	1.12	0.14	-0.86	0.9913	220.25	161.45	24144	0.00000567
0.1	1.26	0.15	-0.81	0.9827	218.33	159.53	25027	0.00000614
0.15	1.41	0.17	-0.76	0.9741	216.42	157.62	25949	0.00000664
0.2	1.58	0.19	-0.71	0.9655	214.51	155.71	26914	0.00000719
0.25	1.78	0.22	-0.66	0.9569	212.61	153.81	27923	0.00000777
0.3	2.00	0.24	-0.61	0.9484	210.72	151.92	28978	0.00000840
0.35	2.24	0.27	-0.56	0.9400	208.84	150.04	30082	0.00000908
0.4	2.51	0.31	-0.51	0.9315	206.97	148.17	31238	0.00000981
0.45	2.82	0.34	-0.46	0.9231	205.10	146.30	32450	0.00001060
0.5	3.16	0.39	-0.41	0.9148	203.24	144.44	33719	0.00001144
0.55	3.55	0.43	-0.36	0.9064	201.39	142.59	35049	0.00001235
0.6	3.98	0.49	-0.31	0.8981	199.55	140.75	36445	0.00001333
0.65	4.47	0.55	-0.26	0.8899	197.71	138.91	37909	0.00001438
0.7	5.01	0.61	-0.21	0.8816	195.88	137.08	39446	0.00001550
0.75	5.62	0.69	-0.16	0.8734	194.06	135.26	41060	0.00001671
0.8	6.31	0.77	-0.11	0.8653	192.25	133.45	42756	0.00001801
0.85	7.08	0.86	-0.06	0.8572	190.44	131.64	44538	0.00001940
0.9	7.94	0.97	-0.01	0.8491	188.65	129.85	46413	0.00002088
0.95	8.91	1.09	0.04	0.8410	186.86	128.06	48385	0.00002248
1	10.00	1.22	0.09	0.8330	185.08	126.28	50462	0.00002418
1.05	11.22	1.37	0.14	0.8250	183.30	124.50	52650	0.00002600
1.1	12.59	1.54	0.19	0.8171	181.54	122.74	54955	0.00002795
1.15	14.13	1.72	0.24	0.8092	179.78	120.98	57385	0.00003003
1.2	15.85	1.93	0.29	0.8013	178.03	119.23	59950	0.00003226
1.25	17.78	2.17	0.34	0.7934	176.29	117.49	62657	0.00003463
1.3	19.95	2.43	0.39	0.7856	174.55	115.75	65516	0.00003716
1.35	22.39	2.73	0.44	0.7779	172.83	114.03	68538	0.00003986
1.4	25.12	3.06	0.49	0.7701	171.11	112.31	71734	0.00004273
1.45	28.18	3.44	0.54	0.7624	169.39	110.59	75116	0.00004578
1.5	31.62	3.86	0.59	0.7548	167.69	108.89	78697	0.00004903
1.55	35.48	4.33	0.64	0.7471	166.00	107.20	82491	0.00005248
1.6	39.81	4.86	0.69	0.7395	164.31	105.51	86514	0.00005615
1.65	44.67	5.45	0.74	0.7320	162.63	103.83	90783	0.00006004
1.7	50.12	6.12	0.79	0.7244	160.95	102.15	95315	0.00006416
1.75	56.23	6.86	0.84	0.7169	159.29	100.49	100131	0.00006853
1.8	63.10	7.70	0.89	0.7095	157.63	98.83	105252	0.00007315
1.85	70.79	8.64	0.94	0.7021	155.98	97.18	110702	0.00007803
1.9	79.43	9.69	0.99	0.6947	154.34	95.54	116505	0.00008319
1.95	89.13	10.87	1.04	0.6873	152.71	93.91	122692	0.00008864
2	100.00	12.20	1.09	0.6800	151.08	92.28	129291	0.00009437
2.05	112.20	13.69	1.14	0.6727	149.47	90.67	136338	0.00010042
2.1	125.89	15.36	1.19	0.6655	147.85	89.05	143868	0.00010677
2.15	141.25	17.24	1.24	0.6583	146.25	87.45	151922	0.00011345
2.2	158.49	19.34	1.29	0.6511	144.66	85.86	160546	0.00012046
2.25	177.83	21.70	1.34	0.6439	143.07	84.27	169788	0.00012780
2.3	199.53	24.35	1.39	0.6368	141.49	82.69	179702	0.00013548
2.35	223.87	27.32	1.44	0.6298	139.92	81.12	190348	0.00014351
2.4	251.19	30.65	1.49	0.6227	138.36	79.56	201794	0.00015189
2.45	281.84	34.39	1.54	0.6157	136.80	78.00	214111	0.00016061
2.5	316.23	38.59	1.59	0.6088	135.25	76.45	227383	0.00016969
2.55	354.81	43.29	1.64	0.6018	133.71	74.91	241699	0.00017912
2.6	398.11	48.58	1.69	0.5949	132.18	73.38	257160	0.00018890
2.65	446.68	54.50	1.74	0.5881	130.66	71.86	273880	0.00019901
2.7	501.19	61.15	1.79	0.5812	129.14	70.34	291985	0.00020944
2.75	562.34	68.62	1.84	0.5744	127.63	68.83	311616	0.00022019
2.8	630.96	76.99	1.89	0.5677	126.13	67.33	332931	0.00023124
2.85	707.95	86.38	1.94	0.5610	124.63	65.83	356109	0.00024257
2.9	794.33	96.92	1.99	0.5543	123.15	64.35	381351	0.00025416
2.95	891.25	108.75	2.04	0.5476	121.67	62.87	408885	0.00026597
3	1000.00	122.02	2.09	0.5410	120.20	61.40	438967	0.00027797
3.05	1122.02	136.91	2.14	0.5344	118.74	59.94	471890	0.00029012
3.1	1258.93	153.61	2.19	0.5279	117.28	58.48	507988	0.00030239
3.15	1412.54	172.36	2.24	0.5214	115.84	57.04	547639	0.00031473
3.2	1584.89	193.39	2.29	0.5149	114.40	55.60	591278	0.00032707
3.25	1778.28	216.98	2.34	0.5084	112.97	54.17	639404	0.00033935
3.3	1995.26	243.46	2.39	0.5020	111.54	52.74	692591	0.00035162
3.35	2238.72	273.17	2.44	0.4957	110.13	51.33	751503	0.00036349
3.4	2511.89	306.50	2.49	0.4893	108.72	49.92	816909	0.00037519
3.45	2818.38	343.89	2.54	0.4830	107.32	48.52	889702	0.00038653
3.5	3162.28	385.86	2.59	0.4768	105.92	47.12	970927	0.00039741
3.55	3548.13	432.94	2.64	0.4705	104.54	45.74	1061805	0.00040774
3.6	3981.07	485.76	2.69	0.4643	103.16	44.36	1163776	0.00041740
3.65	4466.84	545.04	2.74	0.4582	101.79	42.99	1278540	0.00042630
3.7	5011.87	611.54	2.79	0.4520	100.43	41.63	1408113	0.00043430
3.75	5623.41	686.16	2.84	0.4459	99.08	40.28	1554904	0.00044129
3.8	6309.57	769.88	2.89	0.4399	97.73	38.93	1721795	0.00044714
3.85	7079.46	863.82	2.94	0.4339	96.40	37.60	1912263	0.00045173
3.9	7943.28	969.23	2.99	0.4279	95.06	36.26	2130522	0.00045492
3.95	8912.51	1087.49	3.04	0.4219	93.74	34.94	2381709	0.00045660
4	10000.00	1220.18	3.09	0.4160	92.43	33.63	2672132	0.00045663



4.05	11220.18	1369.07	3.14	0.4101	91.12	32.32	3009587	0.00045490
4.1	12589.25	1536.12	3.19	0.4043	89.82	31.02	3403780	0.00045130
4.15	14125.38	1723.56	3.24	0.3985	88.53	29.73	3866896	0.00044572
4.2	15848.93	1933.86	3.29	0.3927	87.25	28.45	4414363	0.00043808
4.25	17782.79	2169.83	3.34	0.3869	85.97	27.17	5117033	0.00042404
4.3	19952.62	2434.59	3.39	0.3812	84.70	25.90	6498411	0.00037464
4.35	22387.21	2731.65	3.44	0.3756	83.44	24.64	8339148	0.00032757
4.4	25118.86	3064.96	3.49	0.3699	82.19	23.39	10824349	0.00028315
4.45	28183.83	3438.95	3.54	0.3643	80.94	22.14	14228385	0.00024170
4.5	31622.78	3858.56	3.59	0.3588	79.71	20.91	18965910	0.00020345
4.55	35481.34	4329.38	3.64	0.3532	78.48	19.68	25677222	0.00016861
4.6	39810.72	4857.64	3.69	0.3477	77.26	18.46	35375034	0.00013732
4.65	44668.36	5450.36	3.74	0.3423	76.04	17.24	49704660	0.00010965
4.7	50118.72	6115.41	3.79	0.3368	74.84	16.04	71421427	0.00008562
4.75	56234.13	6861.60	3.84	0.3314	73.64	14.84	Inf.	0.00000000
4.8	63095.73	7698.84	3.89	0.3261	72.45	13.65	Inf.	0.00000000
4.85	70794.58	8638.25	3.94	0.3208	71.27	12.47	Inf.	0.00000000
4.9	79432.82	9692.27	3.99	0.3155	70.09	11.29	Inf.	0.00000000
4.95	89125.09	10874.91	4.04	0.3102	68.92	10.12	Inf.	0.00000000
5	100000.00	12201.85	4.09	0.3050	67.77	8.97	Inf.	0.00000000
5.05	112201.85	13690.70	4.14	0.2998	66.61	7.81	Inf.	0.00000000
5.1	125892.54	15361.21	4.19	0.2947	65.47	6.67	Inf.	0.00000000
5.15	141253.75	17235.56	4.24	0.2896	64.33	5.53	Inf.	0.00000000
5.2	158489.32	19338.62	4.29	0.2845	63.21	4.41	Inf.	0.00000000
5.25	177827.94	21698.29	4.34	0.2794	62.09	3.29	Inf.	0.00000000
5.3	199526.23	24345.88	4.39	0.2744	60.97	2.17	Inf.	0.00000000
5.35	223872.11	27316.53	4.44	0.2695	59.87	1.07	Inf.	0.00000000
5.4	251188.64	30649.65	4.49	0.2645	58.77	-0.03	Inf.	0.00000000
5.45	281838.29	34389.47	4.54	0.2596	57.68	-1.12	Inf.	0.00000000
5.5	316227.77	38585.62	4.59	0.2548	56.60	-2.20	Inf.	0.00000000
5.55	354813.39	43293.78	4.64	0.2499	55.53	-3.27	Inf.	0.00000000
5.6	398107.17	48576.42	4.69	0.2451	54.46	-4.34	Inf.	0.00000000
5.65	446683.59	54503.64	4.74	0.2404	53.40	-5.40	Inf.	0.00000000
5.7	501187.23	61154.09	4.79	0.2356	52.35	-6.45	Inf.	0.00000000
5.75	562341.33	68616.02	4.84	0.2309	51.31	-7.49	Inf.	0.00000000
5.8	630957.34	76988.44	4.89	0.2263	50.28	-8.52	Inf.	0.00000000
5.85	707945.78	86382.45	4.94	0.2217	49.25	-9.55	Inf.	0.00000000
5.9	794328.23	96922.70	4.99	0.2171	48.23	-10.57	Inf.	0.00000000
5.95	891250.94	108749.06	5.04	0.2125	47.22	-11.58	Inf.	0.00000000
6	1000000.00	122018.45	5.09	0.2080	46.21	-12.59	Inf.	0.00000000
6.05	1122018.45	136906.96	5.14	0.2035	45.22	-13.58	Inf.	0.00000000
6.1	1258925.41	153612.13	5.19	0.1991	44.23	-14.57	Inf.	0.00000000
6.15	1412537.54	172355.65	5.24	0.1947	43.25	-15.55	Inf.	0.00000000
6.2	1584893.19	193386.22	5.29	0.1903	42.28	-16.52	Inf.	0.00000000
6.25	1778279.41	216982.90	5.34	0.1859	41.31	-17.49	Inf.	0.00000000
6.3	1995262.31	243458.82	5.39	0.1816	40.35	-18.45	Inf.	0.00000000
6.35	2238721.14	273165.29	5.44	0.1774	39.41	-19.39	Inf.	0.00000000
6.4	2511886.43	306496.50	5.49	0.1731	38.46	-20.34	Inf.	0.00000000
6.45	2818382.93	343894.73	5.54	0.1689	37.53	-21.27	Inf.	0.00000000
6.5	3162277.66	385856.23	5.59	0.1648	36.60	-22.20	Inf.	0.00000000
6.55	3548133.89	432937.81	5.64	0.1606	35.69	-23.11	Inf.	0.00000000
6.6	3981071.71	485764.22	5.69	0.1565	34.78	-24.02	Inf.	0.00000000
6.65	4466835.92	545036.41	5.74	0.1525	33.87	-24.93	Inf.	0.00000000
6.7	5011872.34	611540.92	5.79	0.1484	32.98	-25.82	Inf.	0.00000000
6.75	5623413.25	686160.19	5.84	0.1444	32.09	-26.71	Inf.	0.00000000
6.8	6309573.44	769884.40	5.89	0.1405	31.21	-27.59	Inf.	0.00000000
6.85	7079457.84	863824.50	5.94	0.1366	30.34	-28.46	Inf.	0.00000000
6.9	7943282.35	969227.03	5.99	0.1327	29.48	-29.32	Inf.	0.00000000
6.95	8912509.38	1087490.62	6.04	0.1288	28.62	-30.18	Inf.	0.00000000
7	10000000.00	1220184.54	6.09	0.1250	27.77	-31.03	Inf.	0.00000000
7.05	11220184.54	1369069.57	6.14	0.1212	26.93	-31.87	Inf.	0.00000000
7.1	12589254.12	1536121.33	6.19	0.1175	26.10	-32.70	Inf.	0.00000000
7.15	14125375.45	1723556.48	6.24	0.1138	25.27	-33.53	Inf.	0.00000000
7.2	15848931.92	1933862.18	6.29	0.1101	24.46	-34.34	Inf.	0.00000000
7.25	17782794.10	2169829.05	6.34	0.1064	23.65	-35.15	Inf.	0.00000000
7.3	19952623.15	2434588.24	6.39	0.1028	22.85	-35.95	Inf.	0.00000000
7.35	22387211.39	2731652.93	6.44	0.0993	22.05	-36.75	Inf.	0.00000000
7.4	25118864.32	3064965.00	6.49	0.0957	21.27	-37.53	Inf.	0.00000000
7.45	28183829.31	3438947.29	6.54	0.0922	20.49	-38.31	Inf.	0.00000000
7.5	31622776.60	3858562.32	6.59	0.0888	19.72	-39.08	Inf.	0.00000000
7.55	35481338.92	4329378.13	6.64	0.0853	18.96	-39.84	Inf.	0.00000000
7.6	39810717.06	4857642.16	6.69	0.0819	18.20	-40.60	Inf.	0.00000000
7.65	44668359.22	5450364.15	6.74	0.0786	17.45	-41.35	Inf.	0.00000000
7.7	50118723.36	6115409.16	6.79	0.0752	16.71	-42.09	Inf.	0.00000000
7.75	56234132.52	6861601.93	6.84	0.0719	15.98	-42.82	Inf.	0.00000000
7.8	63095734.45	7698843.99	6.89	0.0687	15.26	-43.54	Inf.	0.00000000
7.85	70794578.44	8638245.03	6.94	0.0655	14.54	-44.26	Inf.	0.00000000
7.9	79432823.47	9692270.34	6.99	0.0623	13.84	-44.96	Inf.	0.00000000
7.95	89125093.81	10874906.19	7.04	0.0591	13.13	-45.67	Inf.	0.00000000
8	100000000.00	100000000.00	8.00	0.0560	12.44	-46.36	Inf.	0.00000000
0.0169								

Come si può osservare il valore D del danneggiamento è pari a

D=0.0169<1

La verifica è soddisfatta.



VERIFICA A DANNEGGIAMENTO PER L'AZIONE DEL VENTO - TIRAFONDI - TAU

Geometria chiave di taglio

d_tir	mm	24.00	Diametro tirafondi
Av	mm <sup>2</sup>	353.00	Area tirafondo

Azioni sollecitanti e precarico

Ved	kN	36.82	Azioni tagliante comb.RARA
-----	----	-------	----------------------------

Parametri verifica a danneggiamento

Sk	MPa	139.07	Tensione tangenziale caratteristica per effetto del vento $Sk = 4/3 \cdot Ved/Av$
$\gamma M_f$	-	1.35	Coefficiente di sicurezza per fatica
$\Delta \tau_c$	MPa	100	Classe del dettaglio di fatica
$\Delta \tau_{c,r}$	MPa	74.074	Classe del dettaglio di fatica ridotto: $\Delta \tau_{c,r} = \Delta \tau_c / \gamma M_f$
$\Delta \tau_L$	MPa	33.852	Limite di fatica per $N > 10^8$ : $\Delta \sigma_L = 0,457 \Delta \tau_d$
m	-	5	Esponente curve S-N
N1	-	2000000	Numero di cicli calcolo resistenza a fatica del dettaglio
N2	-	100000000	Numero di cicli per limite di fatica ad ampiezza costante

Verifica a danneggiamento							Sum_Di
Log(Ng)	Ng	DNg	log(DNg)	DS/Sk	DS	Nr	D=ΔNg/Nr
-	-	-	-	-	Mpa	-	-
0	1.00	0.12	-0.91	1.0000	139.07	85728	0.00000142
0.05	1.12	0.14	-0.86	0.9913	137.87	89548	0.00000153
0.1	1.26	0.15	-0.81	0.9827	136.66	93559	0.00000164
0.15	1.41	0.17	-0.76	0.9741	135.47	97769	0.00000176
0.2	1.58	0.19	-0.71	0.9655	134.27	102189	0.00000189
0.25	1.78	0.22	-0.66	0.9569	133.09	106833	0.00000203
0.3	2.00	0.24	-0.61	0.9484	131.90	111711	0.00000218
0.35	2.24	0.27	-0.56	0.9400	130.72	116837	0.00000234
0.4	2.51	0.31	-0.51	0.9315	129.55	122225	0.00000251
0.45	2.82	0.34	-0.46	0.9231	128.38	127890	0.00000269
0.5	3.16	0.39	-0.41	0.9148	127.22	133847	0.00000288
0.55	3.55	0.43	-0.36	0.9064	126.06	140114	0.00000309
0.6	3.98	0.49	-0.31	0.8981	124.91	146707	0.00000331
0.65	4.47	0.55	-0.26	0.8899	123.76	153645	0.00000355
0.7	5.01	0.61	-0.21	0.8816	122.61	160950	0.00000380
0.75	5.62	0.69	-0.16	0.8734	121.47	168641	0.00000407
0.8	6.31	0.77	-0.11	0.8653	120.34	176742	0.00000436
0.85	7.08	0.86	-0.06	0.8572	119.21	185276	0.00000466
0.9	7.94	0.97	-0.01	0.8491	118.08	194269	0.00000499
0.95	8.91	1.09	0.04	0.8410	116.96	203750	0.00000534
1	10.00	1.22	0.09	0.8330	115.85	213746	0.00000571
1.05	11.22	1.37	0.14	0.8250	114.74	224288	0.00000610
1.1	12.59	1.54	0.19	0.8171	113.63	235410	0.00000653
1.15	14.13	1.72	0.24	0.8092	112.53	247148	0.00000697
1.2	15.85	1.93	0.29	0.8013	111.44	259538	0.00000745
1.25	17.78	2.17	0.34	0.7934	110.35	272620	0.00000796
1.3	19.95	2.43	0.39	0.7856	109.26	286439	0.00000850
1.35	22.39	2.73	0.44	0.7779	108.18	301038	0.00000907
1.4	25.12	3.06	0.49	0.7701	107.10	316468	0.00000968
1.45	28.18	3.44	0.54	0.7624	106.03	332780	0.00001033
1.5	31.62	3.86	0.59	0.7548	104.97	350031	0.00001102
1.55	35.48	4.33	0.64	0.7471	103.91	368279	0.00001176
1.6	39.81	4.86	0.69	0.7395	102.85	387590	0.00001253
1.65	44.67	5.45	0.74	0.7320	101.80	408031	0.00001336
1.7	50.12	6.12	0.79	0.7244	100.75	429675	0.00001423
1.75	56.23	6.86	0.84	0.7169	99.71	452601	0.00001516



1.8	63.10	7.70	0.89	0.7095	98.67	476893	0.00001614
1.85	70.79	8.64	0.94	0.7021	97.64	502642	0.00001719
1.9	79.43	9.69	0.99	0.6947	96.61	529943	0.00001829
1.95	89.13	10.87	1.04	0.6873	95.59	558901	0.00001946
2	100.00	12.20	1.09	0.6800	94.57	589627	0.00002069
2.05	112.20	13.69	1.14	0.6727	93.56	622241	0.00002200
2.1	125.89	15.36	1.19	0.6655	92.55	656870	0.00002339
2.15	141.25	17.24	1.24	0.6583	91.55	693654	0.00002485
2.2	158.49	19.34	1.29	0.6511	90.55	732741	0.00002639
2.25	177.83	21.70	1.34	0.6439	89.56	774290	0.00002802
2.3	199.53	24.35	1.39	0.6368	88.57	818473	0.00002975
2.35	223.87	27.32	1.44	0.6298	87.58	865477	0.00003156
2.4	251.19	30.65	1.49	0.6227	86.60	915499	0.00003348
2.45	281.84	34.39	1.54	0.6157	85.63	968756	0.00003550
2.5	316.23	38.59	1.59	0.6088	84.66	1025480	0.00003763
2.55	354.81	43.29	1.64	0.6018	83.70	1085920	0.00003987
2.6	398.11	48.58	1.69	0.5949	82.74	1150348	0.00004223
2.65	446.68	54.50	1.74	0.5881	81.78	1219054	0.00004471
2.7	501.19	61.15	1.79	0.5812	80.83	1292355	0.00004732
2.75	562.34	68.62	1.84	0.5744	79.89	1370592	0.00005006
2.8	630.96	76.99	1.89	0.5677	78.95	1454133	0.00005294
2.85	707.95	86.38	1.94	0.5610	78.01	1543378	0.00005597
2.9	794.33	96.92	1.99	0.5543	77.08	1638759	0.00005914
2.95	891.25	108.75	2.04	0.5476	76.16	1740746	0.00006247
3	1000.00	122.02	2.09	0.5410	75.24	1849847	0.00006596
3.05	1122.02	136.91	2.14	0.5344	74.32	1966612	0.00006962
3.1	1258.93	153.61	2.19	0.5279	73.41	2091641	0.00007344
3.15	1412.54	172.36	2.24	0.5214	72.51	2225584	0.00007744
3.2	1584.89	193.39	2.29	0.5149	71.61	2369147	0.00008163
3.25	1778.28	216.98	2.34	0.5084	70.71	2523098	0.00008600
3.3	1995.26	243.46	2.39	0.5020	69.82	2688275	0.00009056
3.35	2238.72	273.17	2.44	0.4957	68.93	2865587	0.00009533
3.4	2511.89	306.50	2.49	0.4893	68.05	3056027	0.00010029
3.45	2818.38	343.89	2.54	0.4830	67.18	3260677	0.00010547
3.5	3162.28	385.86	2.59	0.4768	66.30	3480716	0.00011086
3.55	3548.13	432.94	2.64	0.4705	65.44	3717433	0.00011646
3.6	3981.07	485.76	2.69	0.4643	64.58	3972237	0.00012229
3.65	4466.84	545.04	2.74	0.4582	63.72	4246666	0.00012834
3.7	5011.87	611.54	2.79	0.4520	62.87	4542404	0.00013463
3.75	5623.41	686.16	2.84	0.4459	62.02	4861296	0.00014115
3.8	6309.57	769.88	2.89	0.4399	61.18	5205363	0.00014790
3.85	7079.46	863.82	2.94	0.4339	60.34	5576819	0.00015490
3.9	7943.28	969.23	2.99	0.4279	59.51	5978096	0.00016213
3.95	8912.51	1087.49	3.04	0.4219	58.68	6411865	0.00016961
4	10000.00	1220.18	3.09	0.4160	57.86	6881061	0.00017733
4.05	11220.18	1369.07	3.14	0.4101	57.04	7388913	0.00018529
4.1	12589.25	1536.12	3.19	0.4043	56.22	7938976	0.00019349
4.15	14125.38	1723.56	3.24	0.3985	55.42	8535167	0.00020194
4.2	15848.93	1933.86	3.29	0.3927	54.61	9181807	0.00021062
4.25	17782.79	2169.83	3.34	0.3869	53.81	9883664	0.00021954
4.3	19952.62	2434.59	3.39	0.3812	53.02	10646007	0.00022869
4.35	22387.21	2731.65	3.44	0.3756	52.23	11474661	0.00023806
4.4	25118.86	3064.96	3.49	0.3699	51.45	12376077	0.00024765
4.45	28183.83	3438.95	3.54	0.3643	50.67	13357399	0.00025746
4.5	31622.78	3858.56	3.59	0.3588	49.89	14426551	0.00026746
4.55	35481.34	4329.38	3.64	0.3532	49.12	15592330	0.00027766
4.6	39810.72	4857.64	3.69	0.3477	48.36	16864510	0.00028804
4.65	44668.36	5450.36	3.74	0.3423	47.60	18253965	0.00029859
4.7	50118.72	6115.41	3.79	0.3368	46.84	19772803	0.00030928
4.75	56234.13	6861.60	3.84	0.3314	46.09	21434525	0.00032012
4.8	63095.73	7698.84	3.89	0.3261	45.35	23254193	0.00033107
4.85	70794.58	8638.25	3.94	0.3208	44.61	25248639	0.00034213
4.9	79432.82	9692.27	3.99	0.3155	43.87	27436692	0.00035326
4.95	89125.09	10874.91	4.04	0.3102	43.14	29839436	0.00036445
5	100000.00	12201.85	4.09	0.3050	42.42	32480513	0.00037567
5.05	112201.85	13690.70	4.14	0.2998	41.70	35386465	0.00038689
5.1	125892.54	15361.21	4.19	0.2947	40.98	38587128	0.00039809
5.15	141253.75	17235.56	4.24	0.2896	40.27	42116084	0.00040924
5.2	158489.32	19338.62	4.29	0.2845	39.56	46011181	0.00042030
5.25	177827.94	21698.29	4.34	0.2794	38.86	50315135	0.00043125
5.3	199526.23	24345.88	4.39	0.2744	38.17	55076223	0.00044204
5.35	223872.11	27316.53	4.44	0.2695	37.47	60349086	0.00045264
5.4	251188.64	30649.65	4.49	0.2645	36.79	66195658	0.00046302
5.45	281838.29	34389.47	4.54	0.2596	36.11	72686249	0.00047312
5.5	316227.77	38585.62	4.59	0.2548	35.43	79900797	0.00048292
5.55	354813.39	43293.78	4.64	0.2499	34.76	87930337	0.00049236
5.6	398107.17	48576.42	4.69	0.2451	34.09	96878708	0.00050141
5.65	446683.59	54503.64	4.74	0.2404	33.43	Inf.	0.00000000



5.7	501187.23	61154.09	4.79	0.2356	32.77	Inf.	0.00000000
5.75	562341.33	68616.02	4.84	0.2309	32.12	Inf.	0.00000000
5.8	630957.34	76988.44	4.89	0.2263	31.47	Inf.	0.00000000
5.85	707945.78	86382.45	4.94	0.2217	30.83	Inf.	0.00000000
5.9	794328.23	96922.70	4.99	0.2171	30.19	Inf.	0.00000000
5.95	891250.94	108749.06	5.04	0.2125	29.56	Inf.	0.00000000
6	1000000.00	122018.45	5.09	0.2080	28.93	Inf.	0.00000000
6.05	1122018.45	136906.96	5.14	0.2035	28.30	Inf.	0.00000000
6.1	1258925.41	153612.13	5.19	0.1991	27.69	Inf.	0.00000000
6.15	1412537.54	172355.65	5.24	0.1947	27.07	Inf.	0.00000000
6.2	1584893.19	193386.22	5.29	0.1903	26.46	Inf.	0.00000000
6.25	1778279.41	216982.90	5.34	0.1859	25.86	Inf.	0.00000000
6.3	1995262.31	243458.82	5.39	0.1816	25.26	Inf.	0.00000000
6.35	2238721.14	273165.29	5.44	0.1774	24.67	Inf.	0.00000000
6.4	2511886.43	306496.50	5.49	0.1731	24.08	Inf.	0.00000000
6.45	2818382.93	343894.73	5.54	0.1689	23.49	Inf.	0.00000000
6.5	3162277.66	385856.23	5.59	0.1648	22.91	Inf.	0.00000000
6.55	3548133.89	432937.81	5.64	0.1606	22.34	Inf.	0.00000000
6.6	3981071.71	485764.22	5.69	0.1565	21.77	Inf.	0.00000000
6.65	4466835.92	545036.41	5.74	0.1525	21.20	Inf.	0.00000000
6.7	5011872.34	611540.92	5.79	0.1484	20.64	Inf.	0.00000000
6.75	5623413.25	686160.19	5.84	0.1444	20.09	Inf.	0.00000000
6.8	6309573.44	769884.40	5.89	0.1405	19.54	Inf.	0.00000000
6.85	7079457.84	863824.50	5.94	0.1366	18.99	Inf.	0.00000000
6.9	7943282.35	969227.03	5.99	0.1327	18.45	Inf.	0.00000000
6.95	8912509.38	1087490.62	6.04	0.1288	17.92	Inf.	0.00000000
7	10000000.00	1220184.54	6.09	0.1250	17.38	Inf.	0.00000000
7.05	11220184.54	1369069.57	6.14	0.1212	16.86	Inf.	0.00000000
7.1	12589254.12	1536121.33	6.19	0.1175	16.34	Inf.	0.00000000
7.15	14125375.45	1723556.48	6.24	0.1138	15.82	Inf.	0.00000000
7.2	15848931.92	1933862.18	6.29	0.1101	15.31	Inf.	0.00000000
7.25	17782794.10	2169829.05	6.34	0.1064	14.80	Inf.	0.00000000
7.3	19952623.15	2434588.24	6.39	0.1028	14.30	Inf.	0.00000000
7.35	22387211.39	2731652.93	6.44	0.0993	13.80	Inf.	0.00000000
7.4	25118864.32	3064965.00	6.49	0.0957	13.31	Inf.	0.00000000
7.45	28183829.31	3438947.29	6.54	0.0922	12.83	Inf.	0.00000000
7.5	31622776.60	3858562.32	6.59	0.0888	12.34	Inf.	0.00000000
7.55	35481338.92	4329378.13	6.64	0.0853	11.87	Inf.	0.00000000
7.6	39810717.06	4857642.16	6.69	0.0819	11.39	Inf.	0.00000000
7.65	44668359.22	5450364.15	6.74	0.0786	10.93	Inf.	0.00000000
7.7	50118723.36	6115409.16	6.79	0.0752	10.46	Inf.	0.00000000
7.75	56234132.52	6861601.93	6.84	0.0719	10.00	Inf.	0.00000000
7.8	63095734.45	7698843.99	6.89	0.0687	9.55	Inf.	0.00000000
7.85	70794578.44	8638245.03	6.94	0.0655	9.10	Inf.	0.00000000
7.9	79432823.47	9692270.34	6.99	0.0623	8.66	Inf.	0.00000000
7.95	89125093.81	10874906.19	7.04	0.0591	8.22	Inf.	0.00000000
8	100000000.00	100000000.00	8.00	0.0560	7.79	Inf.	0.00000000
							0.0143305

Come si può osservare il valore D del danneggiamento è pari a

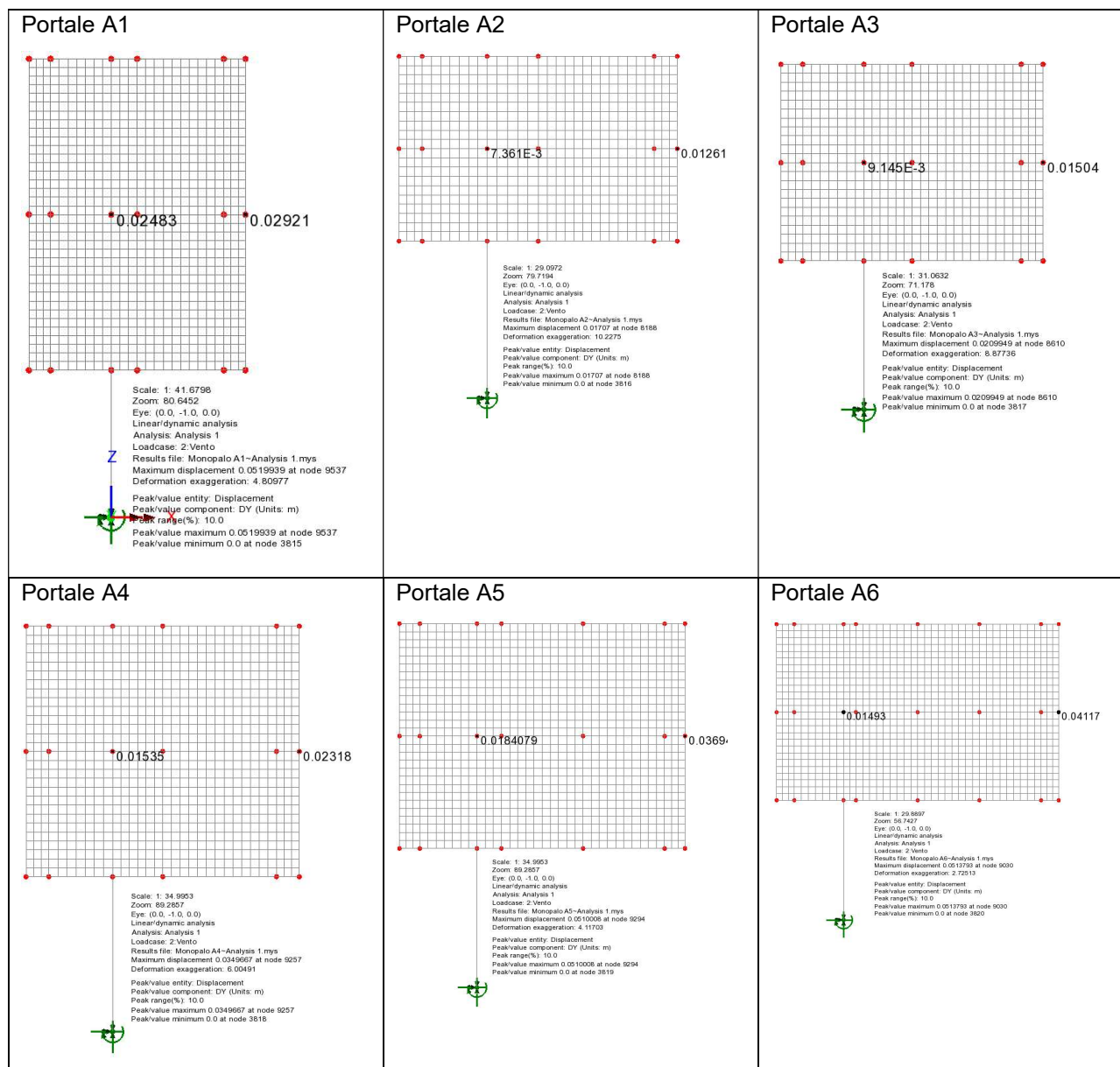
$D=0.0143 < 1$

La verifica è soddisfatta.

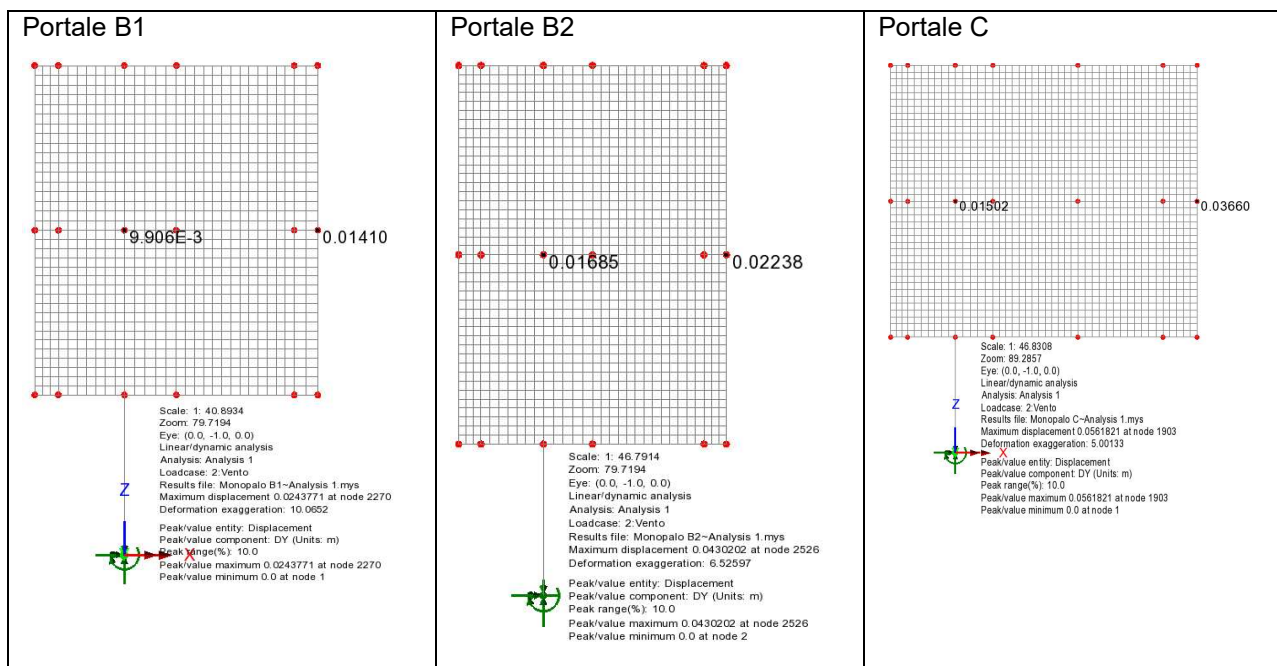


## 11.6 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

Le verifiche di deformabilità vengono condotte in combinazione di esercizio caratteristica (cosiddetta rara). Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle deformate ottenute dal modello di calcolo.







Come di seguito mostrato, le deformazioni risultano compatibili con limiti di spostamento definiti nei criteri di progettazione dei portali segnaletici (ASPI\_MdP\_CP\_OM03\_rev.00\_2022).

Tipo	Sub	Sommità montante	Sommità montante	Estremità mensola	Estremità mensola
		( $\delta$ ) (mm)	(H/100) (mm)	( $\delta$ ) (mm)	(H+L/100) (mm)
A	1	24.83	35	29.21	50
A	2	7.36	27	12.61	48
A	3	9.14	28	15.04	49
A	4	15.36	31	23.18	51
A	5	18.40	31	36.9	56
A	6	14.93	30	41.17	60
B	1	9.90	35	14.10	55
B	2	16.85	38	22.38	59
C	1	15.02	37	36.6	73

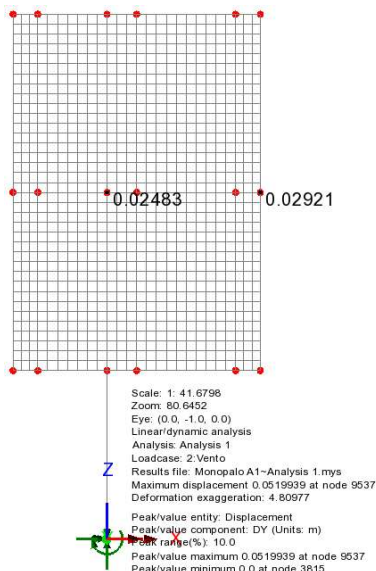
Le deformazioni risultano compatibili con limiti di spostamento definiti nei criteri di progettazione dei portali segnaletici (ASPI\_MdP\_CP\_OM03\_rev.00\_2022).



## 12 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Ai fini della validazione del codice di calcolo si confrontano i risultati ottenuti dal modello di calcolo agli elementi finiti con quelli in forma chiusa per il medesimo problema strutturale.

In particolare, si analizza la risposta in termini deformazione del Monopalo nella configurazione A1, mettendo a confronto lo spostamento calcolato in corrispondenza dell'estremità superiore del montante.



Sezione montante	scatolare 220x220x6
Altezza del montante	3500mm
Momento di inerzia	3.92E+07 mm <sup>4</sup>
Modulo di Young dell'acciaio	210'000 MPa

Forza dovuta al vento agente sul pannello	$F = 1.5 \text{ kN/m}^2 \times 3.6 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 13.5 \text{ kN}$
Carico dovuto al vento sul montante	$q = 1.72 \text{ kN/m}^2 \times 0.22 \text{ m} = 0.28 \text{ kN/m}$
Freccia dovuta a F	$\delta_F = F l^3 / (3EJ) = 23.42 \text{ mm}$
Freccia dovuta a q	$\delta_q = q l^4 / (8EJ) = 0.86 \text{ mm}$
Freccia totale	$\delta_F + \delta_q = 24.28 \text{ mm}$

$$\delta_{\text{Modello}} / \delta_{\text{calcolo manuale}} = 24.83 \text{ mm} / 24.28 \text{ mm} = 1.02$$

La soluzione numerica e la soluzione analitica differiscono per lo 2%.

Si considera tale differenza accettabile.



## 13 VERIFICA DELLE FONDAZIONI

Per quanto non dettagliato nel presente documento si rimanda alla relazione di calcolo geotecnica.

### Verifica del plinto di fondazione

Per la verifica del plinto di fondazione, direttamente gravante sul terreno sottostante, si identifica un meccanismo resistente del tipo "tirante-puntone".

Con riferimento alle modeste sollecitazioni flettenti agenti attorno all'asse longitudinale della fondazione ed alla geometria del plinto, si concentrano le attenzioni sul momento agente attorno all'asse "Y"; pur considerando gli effetti sull'eccentricità del carico verticale indotti dal momento flettente attorno ad "X" e le ricadute sulle pressioni del terreno.

Per semplicità e a favore di sicurezza si trascura l'effetto favorevole indotto dal peso proprio del plinto di fondazione.

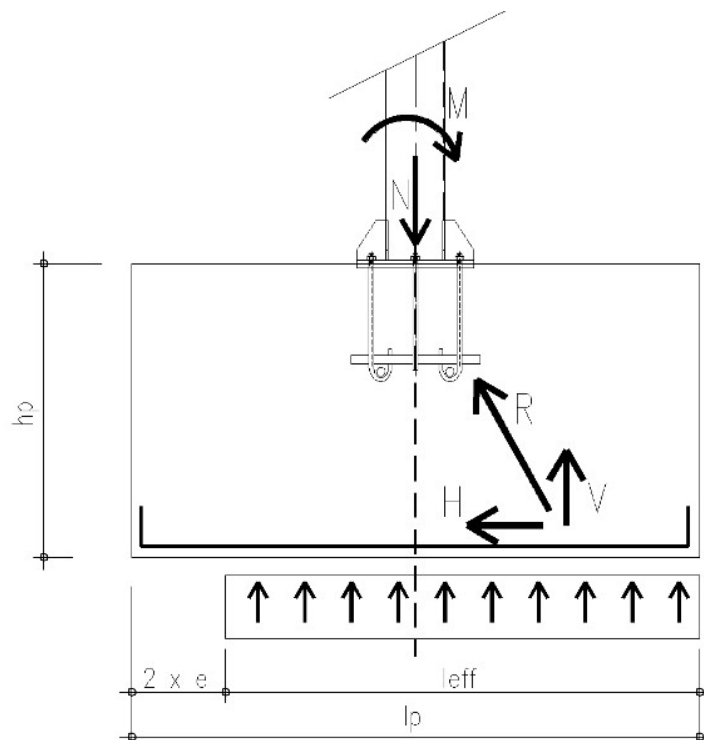


Figura 13-1. Schema tirante-puntone

Si assumono le seguenti ipotesi:

V                      massima risultante delle pressioni scambiate tra suolo e plinto considerando

l'effetto dell'eccentricità del carico e agente su metà fondazione

R                      massima azione di compressione agente sul puntone

H                      componente orizzontale della risultante di compressione

$\alpha$                       inclinazione di "R"

La risultante "R" si assume agente nel baricentro della porzione di terreno compresso e, comunque, al massimo ad un quarto della dimensione geometrica del plinto, alla quota dell'armatura inferiore.



Di seguito si esplicita il calcolo dell'armatura minima orizzontale da prevedere nel corrente inferiore teso per la fondazione del portale A1. Nella successiva tabella, in forma sintetica, la medesima analisi per tutti i plinti di fondazione.

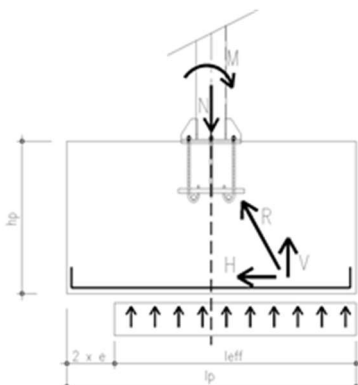
#### VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE:

Combinazione SLU-STR

Tipo (-)	Sub (-)	ex (m)	ey (m)	$\sigma_{MAX}$ (MPa)	$\alpha$ (grad)
A	1	0.80	0.01	0.125	54.603

V (kN)	R (kN)	H (kN)
122.13	149.83	86.79

$f_{YK}$ (MPa)	$f_{YD}$ (MPa)	$A_{S\_H-MIN}$ (mm <sup>2</sup> )
450	391	222



Tipo (-)	Sub (-)	ex (m)	ey (m)	$\sigma_{MAX}$ (MPa)	$\alpha$ (grad)	V (kN)	R (kN)	H (kN)	$A_{S\_H-MIN}$ (mm <sup>2</sup> )
A	1	0.80	0.01	0.12	54.60	122.13	149.83	86.79	222
A	2	0.45	0.01	0.07	60.84	94.06	107.71	52.49	134
A	3	0.52	0.02	0.08	60.84	103.33	118.33	57.66	147
A	4	0.67	0.02	0.10	59.25	121.86	141.80	72.51	185
A	5	0.77	0.03	0.12	55.38	122.54	148.90	84.59	216
A	6	0.78	0.04	0.13	55.19	122.81	149.57	85.38	218
B	1	0.66	0.02	0.10	60.85	162.63	186.21	90.70	232
B	2	0.86	0.02	0.13	56.62	178.37	213.60	117.51	300
C	1	0.72	0.04	0.11	60.86	269.47	308.00	150.21	384

Si dispongono armature longitudinali ad intradosso plinto pari a  $\Phi 16/20$ .

Il numero di barre necessario, nella configurazione più severa, è pari a  $384/201 = 2$  barre.

La verifica è soddisfatta.

Con riferimento alle modeste azioni in gioco, si omette la verifica del puntone compresso.