

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

INSCRIZIONE ALBO N° 1027

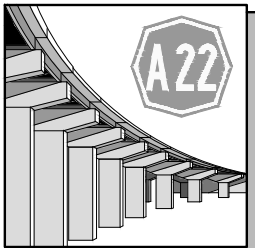

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. Roberto Bosetti

# autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE  
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

<b>A1</b>	<b>LOTTO 2 - dal km 223+100 al km 230+717</b>
<b>4.5.2.4.</b>	<b>INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE</b> Sottopasso F.S. Venezia-Milano (pr km 225+706) Relazioni di calcolo Spalle

0	MAR. 2021	EMISSIONE	PRADELLI	M. ZINI	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			<b>DIREZIONE TECNICA GENERALE</b>		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 31/09					



## INDICE

<b>INDICE</b>		<b>2</b>
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>ASPETTI GENERALI</b>	<b>6</b>
<b>1.2</b>	<b>ELEMENTI STRUTTURALI</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1</b>	<b>METODO DI CALCOLO</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2</b>	<b>CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b>	<b>9</b>
<b>1.2.3</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4</b>	<b>SISTEMA DI VINCOLAMENTO</b>	<b>16</b>
<b>1.2.5</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO</b>	<b>16</b>
<b>1.2.6</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>CALCESTRUZZO PER MAGRONE</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE</b>	<b>21</b>
<b>3.6</b>	<b>CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE</b>	<b>22</b>
<b>3.7</b>	<b>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</b>	<b>22</b>
<b>3.8</b>	<b>COPRIFERRI</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>CODICI DI CALCOLO</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STRUTTURA</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>CALCOLO DELLA STRUTTURA</b>	<b>26</b>
<b>6.1</b>	<b>SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA</b>	<b>26</b>
<b>6.1.1</b>	<b>SPALLA</b>	<b>26</b>
<b>6.1.2</b>	<b>IMPALCATO</b>	<b>27</b>
<b>6.1.3</b>	<b>CONVENZIONI SUI SEGNI</b>	<b>31</b>
<b>6.2</b>	<b>DATI PER ANALISI SISMICA</b>	<b>32</b>
<b>6.3</b>	<b>ELENCO DATI</b>	<b>32</b>

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO		CODIFICA DOCUMENTO AI_4_5_2_4_RELAZIONE_CALCULO_SPALLE.DOCX	FOGLIO 3 DI 277
6.3.1	DATI RELATIVI ALLE TRAVI		32
6.3.2	DATI RELATIVI ALLA SOLETTA, ALLA PAVIMENTAZIONE ED ALLE FINITURE		32
6.3.3	DATI RELATIVI AI CARICHI MOBILI		33
6.3.4	DATI RELATIVI ALLE AZIONI SISMICHE		34
6.3.5	DATI RELATIVI AGLI APPOGGI ED ALLA CURVATURA IMPALCATO		34
6.3.6	DATI RELATIVI AI BAGGIOLI		35
6.3.7	DATI RELATIVI ALLA SPALLA		35
6.3.8	DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE		36
6.3.9	DATI RELATIVI AL TERRENO		36
6.3.10	DATI RELATIVI ALLA PALIFICATA DI FONDAZIONE		37
6.4	CASI DI CARICO E COMBINAZIONI		38
6.4.1	CARICHI ELEMENTARI		38
6.4.2	COMBINAZIONI DI CARICO		40
6.5	AZIONI		44
6.5.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO		44
6.5.2	AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA		50
7	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI – FASE DI COSTRUZIONE FINALE		56
7.1	PARAGHIAIA		57
7.1.1	NUMERAZIONE ELEMENTI PARAGHIAIA		58
7.1.2	ARMATURA ADOTTATA PER LE VERIFICHE		58
7.1.3	VERIFICHE PARAGHIAIA		60
7.2	FUSTO		73
7.2.1	NUMERAZIONE ELEMENTI FUSTO		73
7.2.2	ARMATURA ADOTTATA PER IL FUSTO		73
7.2.3	VERIFICHE FUSTO		76
7.3	MURI DI RISVOLTO – PORZIONE INFERIORE		89
7.3.1	NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE INFERIORE		89
7.3.2	ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE INFERIORE DEI RISVOLTI		90
7.3.3	VERIFICHE PORZIONE INFERIORE RISVOLTO		92
7.4	MURI DI RISVOLTO – PORZIONE SUPERIORE		105
7.4.1	NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE SUPERIORE		105
7.4.2	ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE SUPERIORE DEI RISVOLTI		105
7.4.3	VERIFICHE PORZIONE SUPERIORE RISVOLTO		107

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO		CODIFICA DOCUMENTO AI_4_5_2_4_RELAZIONE_CALCULO_SPALLE.DOCX	FOGLIO 4 DI 277
<b>7.5</b>	<b>PLATEA DI FONDAZIONE</b>		<b>121</b>
7.5.1	NUMERAZIONE ELEMENTI PLATEA		121
7.5.2	ARMATURA ADOTTATA PER LA PLATEA		122
7.5.3	VERIFICHE PLATEA		125
<b>7.6</b>	<b>SOLLECITAZIONI E VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE</b>		<b>143</b>
7.6.1	NUMERAZIONE ELEMENTI DEI PALI DI FONDAZIONE		143
7.6.2	ARMATURA ADOTTATA PER I PALI		143
7.6.3	VERIFICHE PALI		144
7.6.4	VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE DEI PALI		166
7.6.5	VERIFICA CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI		176
<b>8</b>	<b>SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI – FASE TRANSITORIA</b>		<b>181</b>
<b>8.1</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STRUTTURA</b>		<b>182</b>
<b>8.2</b>	<b>SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA</b>		<b>183</b>
8.2.1	CONVENZIONI SUI SEGNI		184
8.2.2	ELENCO DATI		184
8.2.3	AZIONI		184
<b>8.3</b>	<b>PARAGHIAIA</b>		<b>185</b>
<b>8.4</b>	<b>FUSTO</b>		<b>185</b>
8.4.1	NUMERAZIONE ELEMENTI FUSTO		185
8.4.2	ARMATURA ADOTTATA PER IL FUSTO		185
8.4.3	VERIFICHE FUSTO		188
<b>8.5</b>	<b>MURI DI RISVOLTO – PORZIONE INFERIORE</b>		<b>200</b>
8.5.1	NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE INFERIORE		200
8.5.2	ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE INFERIORE DEI RISVOLTI		200
8.5.3	VERIFICHE PORZIONE INFERIORE RISVOLTO		202
<b>8.6</b>	<b>MURI DI RISVOLTO – PORZIONE SUPERIORE</b>		<b>214</b>
8.6.1	NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE SUPERIORE		214
8.6.2	ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE SUPERIORE DEI RISVOLTI		214
8.6.3	VERIFICHE PORZIONE SUPERIORE RISVOLTO		216
<b>8.7</b>	<b>PLATEA DI FONDAZIONE</b>		<b>228</b>
8.7.1	NUMERAZIONE ELEMENTI PLATEA		228
8.7.2	ARMATURA ADOTTATA PER LA PLATEA		228
8.7.3	VERIFICHE PLATEA		231

<b>8.8</b>	<b>SOLLECITAZIONI E VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>248</b>
<b>8.8.1</b>	<b>NUMERAZIONE ELEMENTI DEI PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>248</b>
<b>8.8.2</b>	<b>ARMATURA ADOTTATA PER I PALI</b>	<b>248</b>
<b>8.8.3</b>	<b>VERIFICHE PALI</b>	<b>249</b>
<b>8.8.4</b>	<b>VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE DEI PALI</b>	<b>270</b>
<b>8.8.5</b>	<b>VERIFICA CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI</b>	<b>277</b>

## 1 PREMESSA

### 1.1 ASPETTI GENERALI

Nell'ambito del progetto esecutivo di adeguamento del tracciato A22 tra lo svincolo di Verona Nord (km 225+372) ed il sovrappasso della linea ferroviaria Verona-Mantova (km 230+163) è previsto l'intervento di allargamento del tratto autostradale in prossimità del ponte sulla linea Ferroviaria VENEZIA MILANO (progr. Ferroviaria 140+695, 140+730).

I due attuali impalcati a singola campata di luce 24.16m (uno per ogni carreggiata Nord e Sud) saranno sostituiti con altrettanti impalcati a sezione mista (acciaio-calcestruzzo) ma, per necessità di ampliamento della linea ferroviaria sottostante, sono previste tre campate di luce 28.00m. Oltre al rifacimento dell'impalcato si pone quindi necessario il rifacimento delle pile e la realizzazione delle spalle nuove. Il tutto nel rispetto dei vincoli di quote connessi al profilo dell'Autostrada e della sottopassante linea Ferroviaria.

Nel presente documento verrà affrontato il calcolo delle sollecitazioni trasmesse e le corrispondenti verifiche delle strutture costituenti la Spalla lato Trento (Spalla A). Si precisa che trattandosi della spalla con struttura in elevazione di altezza maggiore (di circa 0.45m) ed essendo le due spalle geometricamente identiche in pianta, le armature ottenute da tale calcolo si ritengono valide anche per la Spalla lato Modena (Spalla B).

Relativamente al comportamento del ponte nei confronti delle azioni sismiche si prevede di fissare gli impalcati a spalle e pile mediante isolatori elastomerici.

Si prevede, per entrambe le vie di corsa, un impalcato continuo a struttura mista con travi in acciaio e soletta superiore in conglomerato cementizio armato; la larghezza totale della soletta dell'impalcato si diversifica per le due vie di corsa data la presenza di barriere antirumore sulla via NORD, e precisamente si ha:

Via Sud: larghezza complessiva 16.83m (16.90m da asse tracciamento), dovuta dalla somma delle larghezze di due cordoli (0.55m lato esterno, 0.90m lato interno) e ad una superficie carrabile totale di 15.38m ( $3.60+3*3.75+0.53$ m);

Via Nord: larghezza complessiva 17.48m (17.55m da asse tracciamento), dovuta dalla somma delle larghezze di due cordoli (1.20m lato esterno, 0.90m lato interno) e ad una superficie carrabile totale di 15.38m ( $3.60+3*3.75+0.53$ m);

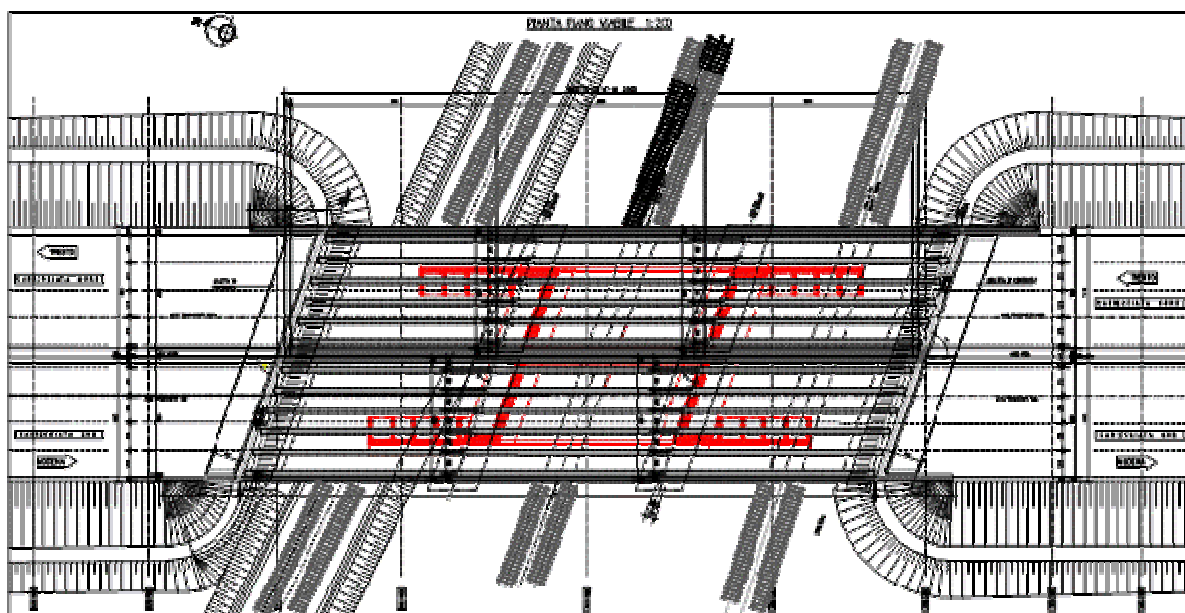
La pendenza trasversale della carreggiata ha un valore costante del 2.50%.

Le due vie di corsa si differenziano sostanzialmente per la larghezza dell'impalcato, mentre interasse e numero di travi coincidono: le travi, in numero di 6, sono alte 110cm.

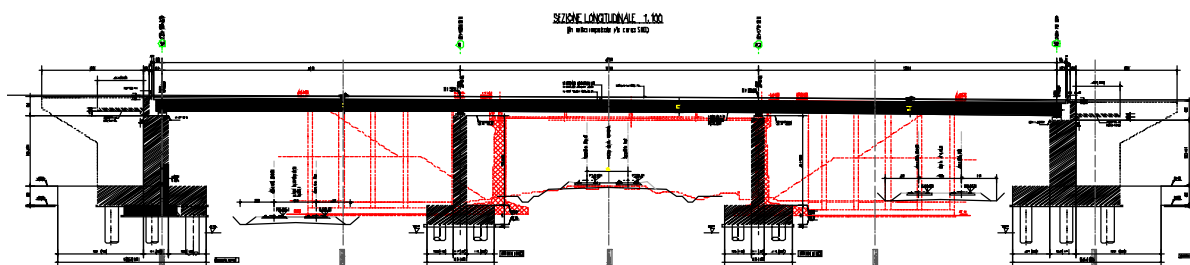
Le due spalle in progetto (Spalla A e Spalla B) sono di tipo classico, con fondazione a platea su pali, separata per ciascuna via di corsa a fini esecutivi (infissione di palancole a sostegno di una scavo parziale del terreno). La rimanente struttura della spalla, a partire dal fusto, è anch'essa separata per le due vie di corsa. La variabilità altimetrica del fusto deriva dalla necessità di assicurare una corretta pendenza. La geometria in pianta della spalla risulta infine influenzata dall'obliquità del ponte pari a  $19^\circ$ .

L'allargamento del cavalcavia comporta sei fasi realizzative coordinate con gli interventi sulle altre opere del tratto in oggetto, durante le quali deve essere mantenuto il traffico e data l'importanza strategica della strada in cui si colloca il sovrappasso si rende necessario garantire un minimo di n.2 corsie per senso di marcia: tali fasi sono descritte esplicitamente nella "Relazione Tecnica Illustrativa" nell'apposito paragrafo.

Si riporta di seguito lo schema grafico della spalla in questione.

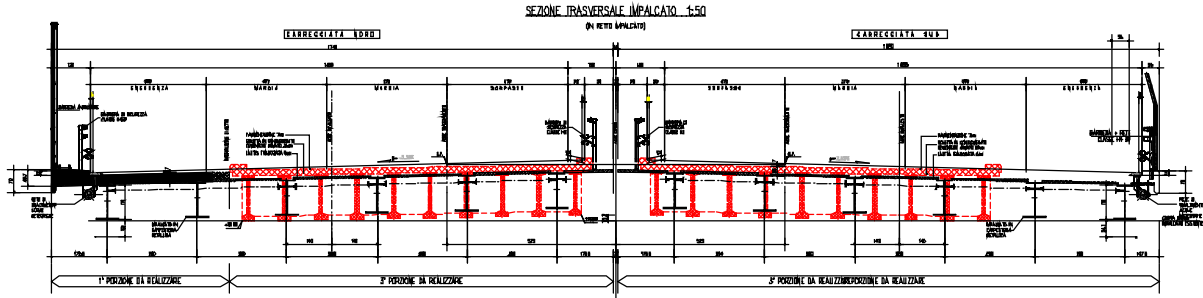


Pianta impalcato



Sezione longitudinale

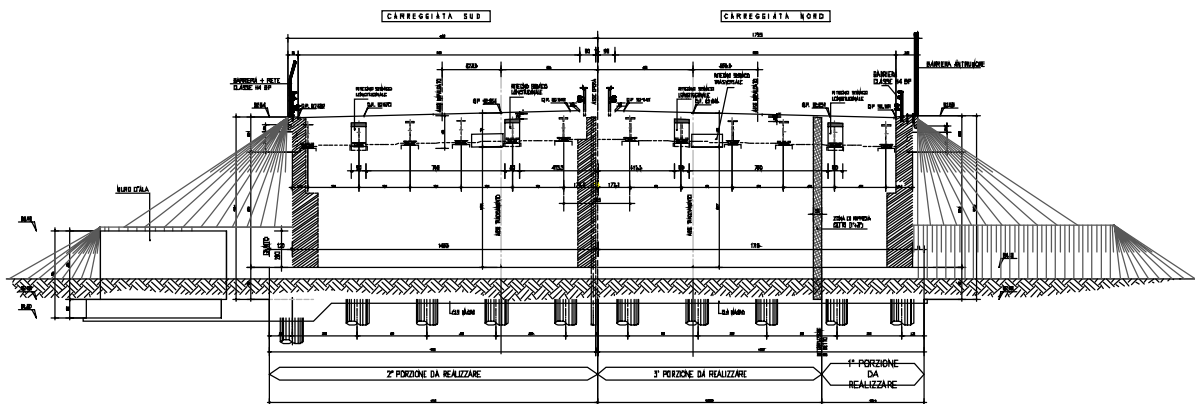




Sezione trasversale

## 1.2 ELEMENTI STRUTTURALI

La geometria in pianta delle spalle del ponte (Spalle A e B) risulta fortemente influenzata dalla sua obliquità pari a 19°. Ciascuna struttura è costituita da: due fondazioni separate a platea di spessore pari a 1.8m fondate complessivamente su 30 pali di diametro  $\phi=1200\text{mm}$  e lunghezza pari a 20m. La rimanente struttura della spalla, a partire dal fusto, è anch'essa separata per le due vie di corsa. Il fusto ha spessore 2.30m e presenta una variabilità altimetrica (Spalla A: 6.31m÷6.71m, Spalla B 5.89m÷6.37m) dettata dalla necessità di assicurare una corretta pendenza trasversale (dal centro verso l'esterno pari a 2.5%). I risvolti hanno spessore pari a 1.40m per il primo tratto di altezza 4.00m e poi lo spessore scende a 0.90m. Il paraghiaia, di altezza costante pari a 1.8m, ha spessore costante di 0.5m. Per evitare l'ingresso della terra nella zona appoggi si è optato per una struttura di protezione dotata di un'apposita forma e di spessore 0.30m. Infine, per contenere il terreno durante lo scavo laterale delle fondazioni si sono inseriti in progetto appositi muri d'ala di altezza pari a quella della fondazione, spessore 0.40m e con fondazione giuntata a quella della spalla di larghezza pari a 3.80m.





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

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

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

### **IMPALCATO**

Per quanto riguarda l'azione sismica, i suoi effetti sull'impalcato vanno valutati a ponte "scarico" (per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_2 = 0$ , come si desume dal punto 3.2.4 e Tab.5.1.VI delle NTC, data la scarsa probabilità di avere la contemporaneità dei due eventi).

I risultati relativi alla combinazione sismica non vengono riportati, essendo per l'impalcato più severa la condizione sotto l'azione dei carichi da traffico.

### **PILE E SPALLE**

Nel paragrafo § 7.9 della NTC2008, specifico per i ponti, si legge: *"La struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che sotto l'azione sismica di progetto per lo SLV essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nel quale la dissipazione sia limitata alle spalle o ad appositi apparecchi dissipativi"...."Gli elementi ai quali non viene richiesta capacità dissipativa e devono, quindi, mantenere un comportamento sostanzialmente elastico sono: l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione ed il terreno da esse interessato, le spalle se sostengono l'impalcato attraverso appoggi mobili o deformabili. A tal fine si adotta il criterio della "gerarchia delle resistenze"..."*.

Essendo le pile e le spalle sede di dispositivi elastomerici, secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (punto § 7.10.2), la sottostruttura deve mantenersi in campo elastico: a tal riguardo quindi, nel calcolo allo SLV, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione inoltre, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

### **DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

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

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

La classe d'uso assunta è la IV ( $C_u = 2.0$ )

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

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

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

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

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

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

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma, è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

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

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

L'opera ricade all'incirca alla Latitudine di 45°25'38 N e Longitudine 10°54'35 E, ad una quota di circa 84 m.s.m..

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono riportati di seguito:

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL sono:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0.087	2.443	0.262
SLD	201	0.111	2.408	0.271
SLV	1898	0.259	2.406	0.287
SLC	2475	0.286	2.381	0.289

Per le spalle il calcolo viene eseguito con il metodo dell'analisi statica equivalente, applicando come prescritto da normativa un'accelerazione pari ad  $a_g S$ .

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

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$$S_S \text{ (SLV)} \Rightarrow 1.150$$

$$S_T \text{ (SLV)} \Rightarrow 1.000$$

L'accelerazione massima è valutata con la relazione

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s * S_T * a_g = 1.150 * 0.259 = 0.298g \approx 0.300g$$

Così come consentito dalla normativa verrà trascurato il sisma verticale trattandosi di intervento ubicato in zona 3.

Le spinte delle terre sono calcolate mediante la formula di Mononobe e Okabe.

### 1.2.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al . 5.1.3.12 e 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I carichi variabili sono stati suddivisi in carichi da traffico, vento e resistenza passiva dei vincoli; di conseguenza, le combinazioni sono state generate assumendo alternativamente ciascuno dei tre suddetti carichi come azione variabile di base.

Fra i carichi variabili si distinguono:

Q	carichi da traffico
Q <sub>T</sub>	azioni termiche
Q <sub>w</sub>	azione del vento

Inoltre, come indicato nella tabella 5.1.IV, sono stati identificati tre gruppi di azioni caratteristiche, corrispondenti rispettivamente ai carichi verticali, alla forza di frenamento e alla forza centrifuga.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

**1) – Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

**2) – Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**3) – Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

**4) – Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

**5) – Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

**6) – Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A<sub>d</sub> (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q<sub>kj</sub> che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G<sub>2</sub>.

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO): collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

- SLU di tipo strutturale (STR): raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni, Tabella 6.2.II per i parametri del terreno, e Tabella 6.4.II e 6.4.IV per i parametri di resistenza per le opere di sostegno su fondazioni profonde (pali).

#### OPERE DI FONDAZIONE – FONDAZIONI SU PALI (CAP.6.4.3)

##### Approccio 1

(A1+M1+R1)

(verifica struttura)

(A2+M1+R2)

(verifica geotecnica)

Relativamente ai tiranti si farà riferimento ai seguenti parametri:

#### TIRANTI DI ANCORAGGIO (CAP.6.6)

(A1+M1+R3)

(dimensionamento geotecnico)

**Tabella 6.2.I/5.1.V** - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 <sup>(3)</sup>	1.00 <sup>(4)</sup>	1.00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno: altrimenti si applicano i valori GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

<sup>(4)</sup> 1.20 per effetti locali

**Tabella 6.2.II** - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coazione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

**Tabella 6.4.II** – Coefficienti parziali  $\gamma_k$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

$$R_{c,\lambda} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (6.2.10)$$

$$R_{t,\lambda} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (6.2.11)$$

**Tabella 6.4.IV** – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Per la verifica di portanza dei **tiranti** si fa riferimento a quanto indicato nelle tabelle seguenti

**Tabella 6.6.I** – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi

	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE
	$\gamma_R$	
Temporanei	$\gamma_{R_{e,t}}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{R_{e,p}}$	1,2

**Tabella 6.6.III:** Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

numero di profili di indagine	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_{s,3}$	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
$\xi_{s,4}$	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

1A) STR)  $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$   
 $\Rightarrow$  (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)



$$1B) \text{ GEO)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

⇒ (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$6) \text{ Eccezionale)} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$2) \text{ Rara)} \Rightarrow G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$3) \text{ Frequente)} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$4) \text{ Quasi permanente)} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$5A) \text{ STR)} \Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

⇒ (terreno non defattorizzato e spinta attiva)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0.2$  (condizione cautelativa). Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si assume  $\psi_{2i} = 0.00$ .

#### 1.2.4 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

##### PILE E SPALLE

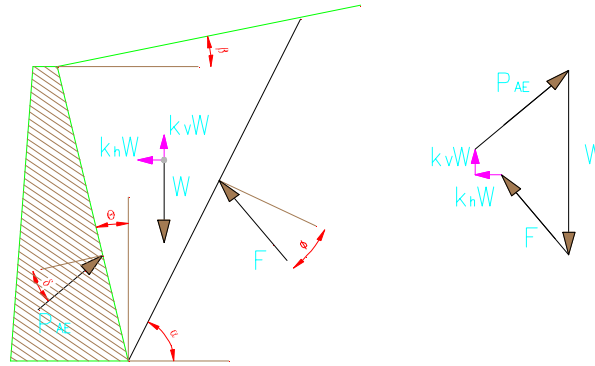
Il calcolo svolto nella condizione sismica è un'analisi statica equivalente, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento. Tale analisi è dipendente dalle caratteristiche dei dispositivi di isolamento ed in particolare dal valore della rigidità orizzontale e dal coefficiente di smorzamento equivalente.

Le caratteristiche dei dispositivi ed in particolare i valori delle rigidità orizzontali vengono considerate nel calcolo delle sollecitazioni degli elementi di sostegno dell'opera in condizioni sismiche in un'analisi di tipo statico equivalente al fine della valutazione delle azioni sismiche ed in condizioni di esercizio per la ripartizione delle forze orizzontali tra i diversi elementi di sostegno.

Le caratteristiche dei dispositivi di appoggio ed isolamento utilizzati per l'opera in oggetto, già descritte nella premessa, consentono la trasmissione delle azioni derivanti dall'impalcato proporzionalmente alle rigidità di pile e spalle.

#### 1.2.5 VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO

Il calcolo delle spinte del terreno (per le strutture di sostegno – spalle) verrà svolto considerando uno schema di “spinta a riposo” in condizioni di esercizio. In condizioni sismiche, invece, si considererà lo schema di spinta attiva con incremento dinamico secondo l'approccio di Mononobe-Okabe.



$$E_d = 1/2 \gamma^* (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws}$$

H : altezza del muro

$E_{ws}$  : spinta idrostatica

$\gamma^*$  : peso specifico del terreno

K : coefficiente di spinta del terreno (statico+dinamico)

$$\psi = \arctan (k_h / (1 \pm k_v)) =$$

$$k_{AE} = \frac{[\cos^2 (\phi - \theta - \psi)]}{[\cos \psi^* \cos^2 \theta^* \cos(\delta + \theta + \psi)^* (1 + ((\sin(\delta + \phi)^* \sin(\phi - \beta - \psi) / \cos(\delta + \theta + \psi) / \cos(\beta - \theta))^{1/2})^2]}$$

$$\Delta e_d = P_{AE(k_v)} - S_a$$

### 1.2.6 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche degli elementi strutturali verranno svolte secondo quanto prescritto dalla normative in vigore (DM 14/01/2008); i limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

Per la tipologia di vincolamento assunto (isolatori elastomerici) in condizioni sismiche le “sottostrutture” devono rimanere in campo elastico; si sono quindi effettuate le seguenti verifiche: allo stato limite ultimo per le condizioni di esercizio e di controllo del mantenimento del comportamento elastico dei materiali per le condizioni sismiche, nonché le verifiche a fessurazione per lo stato limite di esercizio.

### 1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è inscindibile dagli elaborate grafici e dai seguenti documenti:

A1_4_5_1	Relazione Tecnica Illustrativa
A1_4_5_2_1	Relazione di Calcolo Impalcato
A1_4_5_2_2	Relazione di Calcolo Soletta
A1_4_5_2_3	Relazione di Calcolo apparecchi di Appoggio e Giunti
A1_4_5_2_5	Relazione di Calcolo Pile
A1_4_5_2_6	Relazione di Calcolo Muri d'Ala

## 2        **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sviluppati nel seguito sono svolti secondo il Metodo degli Stati Limite e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni riportate nel cap.2 della relazione A1\_4\_5\_1-Relazione Tecnica e Illustrativa, facente parte del progetto in oggetto.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

#### 3.1 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Questa tabella è da compilarsi in funzione dell’opera da eseguire: associare ad ogni elemento progettuale (fondazione, elevazione.....).

Tab 2

<b>Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1</b>								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9883	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup>	Rck minima N/mm <sup>2</sup>	Contenuto minimo di aria %	Copri ferro minimo Mm
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
<b>2 Composizione delle armature per effetto della carbonatazione</b>								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
<b>3 Composizione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggio	5c	0,45	320	C35/45	-	40
<b>4 Composizione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
<b>5 Attacco dei cicli di gelo/sgelo con o senza sali disgelanti</b>								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/sgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/sgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/sgelo	40
<b>6 Attacco chimico</b>								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

**Conglomerato cementizio per elementi strutturali:**

ELEMENTO	CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa)	COPRIFERRO (mm)	CLASSE DI CONSISTENZA	RAPPORTO ACQUA/CEMENTO (+Aria %)	DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm)
PALI $\Phi$ >800mm	XC2	C25/30	60	S4	0.60	40
PLINTI - PLATEE	XC2	C25/30	40	S4	0.60	40
ELEVAZIONE SPALLE	XC4+XF2	C32/40	40	S4	0.50 (+4%)	32

(non si ritiene di applicare la classe XD3, poiché oltre ai sali disgelanti è prevista la situazione di gelo-disgelo (XF4) che costituisce l'unica causa della presenza di cloruri, né vi sono altre fonti da cui provengano cloruri, per questo motivo la classe di esposizione XD3 non appare nella Tabella).

**3.2 PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE**

Nel capitolo 4 del DM 14.01.2008 si identificano i parametri a cui fare riferimento per la verifica a fessurazione.

**Tabella 4.LIII** – Descrizione delle condizioni ambientali

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

**Tabella 4.LIV** – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

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

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo  $w_d$ , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Scheda riassuntiva parametri di fessurazione secondo DM2008:

ELEMENTO	Classe di esposizione	Gruppo di esigenza	Combinazione	$w_d$
PALI	XC2	a	frequente	0.4
			quasi permanente	0.3
PLINTI - PLATEE	XC2	a	frequente	0.4
			quasi permanente	0.3
ELEVAZIONE SPALLE	XC4+XF2	b	frequente	0.3
			quasi permanente	0.2
BAGGIOLI E RITEGNI	XC4+XF4	c	frequente	0.2
			quasi permanente	0.2

Le verifiche saranno comunque condotte secondo quanto prescritto **dall'Istruzione 44A di RFI**, in cui i valori limite di apertura delle fessure, per la **combinazione frequente** e per armature poco sensibili, sono i seguenti:

- a)  $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per tutte le zone non ispezionabili;
- b)  $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.
- In ogni caso devono essere condotte le verifiche a fessurazione mediante calcolo diretto, ai sensi del D.M. 14.01.2008, p.to 4.1.2.2.4.6.

### 3.3 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

### 3.4 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE

Per la realizzazione dei pali di fondazione in cemento armato delle spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	24.90 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	15.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	1.795 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.197 N/mm <sup>2</sup>

### 3.5 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE

Per la realizzazione della platea di fondazione in cemento armato delle spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	24.90 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	15.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	1.795 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.197 N/mm <sup>2</sup>

### 3.6 CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE

Per la realizzazione delle opere di elevazione in cemento armato delle spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ , che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	33.20 $\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	18.81 $\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	19.92 $\text{N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	3.10 $\text{N/mm}^2$
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.169 $\text{N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.446 $\text{N/mm}^2$

### 3.7 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	450.00 $\text{N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	540.00 $\text{N/mm}^2$
Tensione di calcolo elastica	→ $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} =$	360.00 $\text{N/mm}^2$
Fattore di sicurezza acciaio	→ $\gamma_s =$	1.15
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30 $\text{N/mm}^2$

### 3.8 COPRIFERRI

Pile e Spalle - Si adottano copriferri pari a:

	Copriferro - $c_{min}$ [mm]
<i>FONDAZIONI</i>	
Pali $\phi \geq 800\text{mm}$	60
Platea	40
<i>ELEVAZIONE</i>	
Fusti / Risvolti / Orecchie	40
Baggioli	40
Cordoli	40

#### 4 CODICI DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle strutture facenti parte del ponte in oggetto sono stati utilizzati programmi come descritto nella relazione BVRpe-0903R1: si riassumono di seguito i programmi di calcolo utilizzati.

##### SAP 2000

Nome software	N° revisione	Data revisione	Estensore	Data d'acquisto	Data validazione
SAP 2000	14.2.3	11 Ottobre 2010	CSI	10.09.2009	(fare riferimento al produttore)

##### ENG - SIGMAC

Nome software	N° revisione	Data revisione	Estensore	Data d'acquisto	Data validazione
Eng	8.15	Dicembre 2009	SIGMAC Soft		(fare riferimento al produttore)

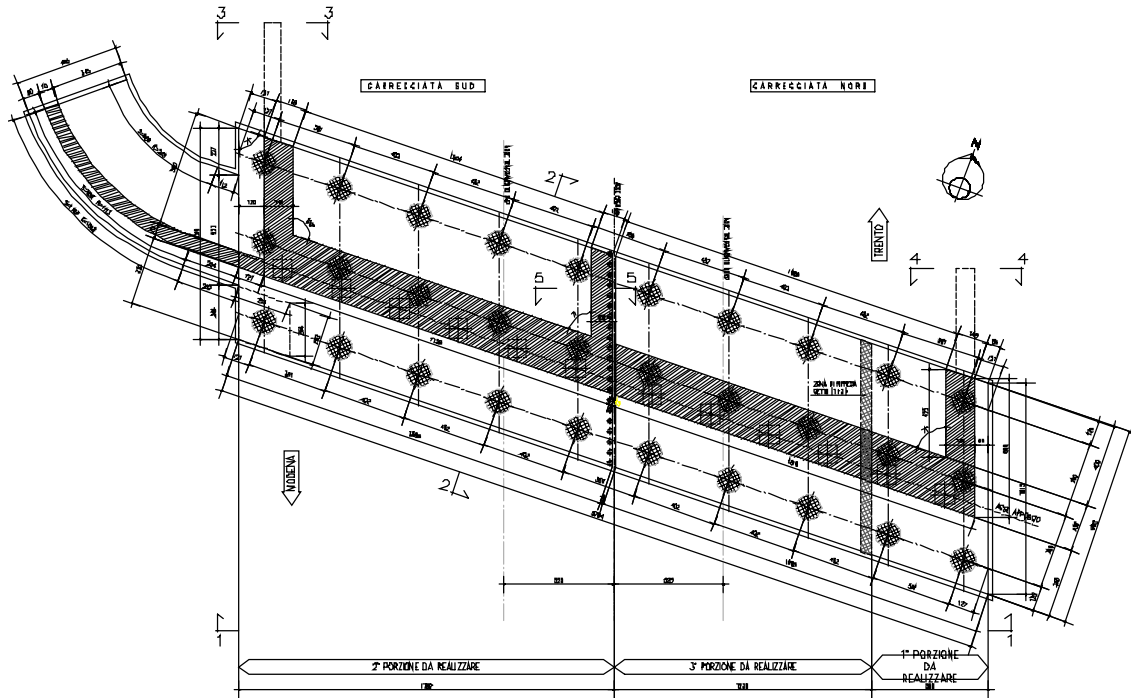
##### VCASLU

Il programma VcaSlu consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo stato limite ultimo che con il metodo n.



## 5 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La geometria è quella riportata nelle seguenti figure.



Pianta fondazioni e spiccatp elevazione

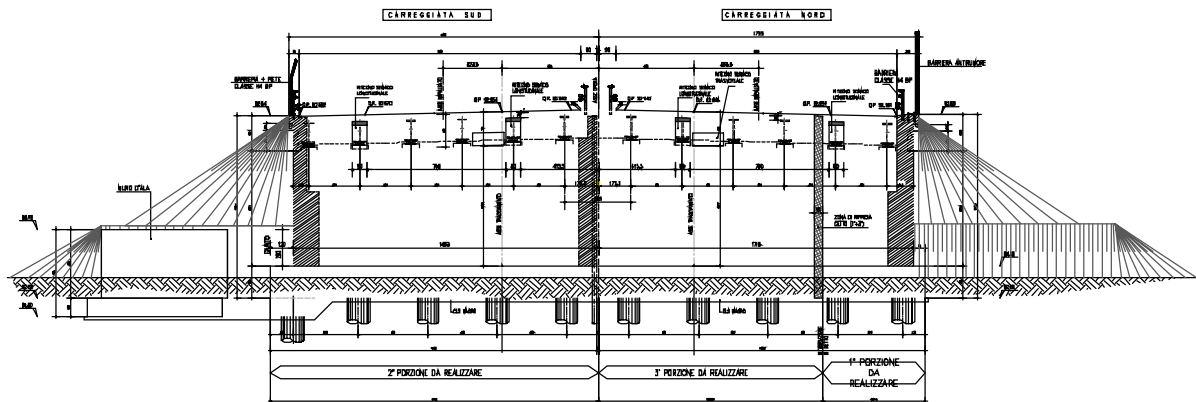


Figura 5.1 Vista frontale in retto impalcato



## 6 CALCOLO DELLA STRUTTURA

Di seguito, vengono riportate le verifiche delle strutture costituenti la spalla in oggetto; esse sono state condotte utilizzando gli usuali metodi di verifica adottati per tali strutture, nel pieno rispetto delle normative vigenti in materia.

### 6.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Per la valutazione delle sollecitazioni sulle strutture facenti parte della spalla si è fatto ricorso ad un modello di calcolo con l'elaboratore, utilizzando il programma di calcolo agli elementi finiti Sap2000 della CSI.

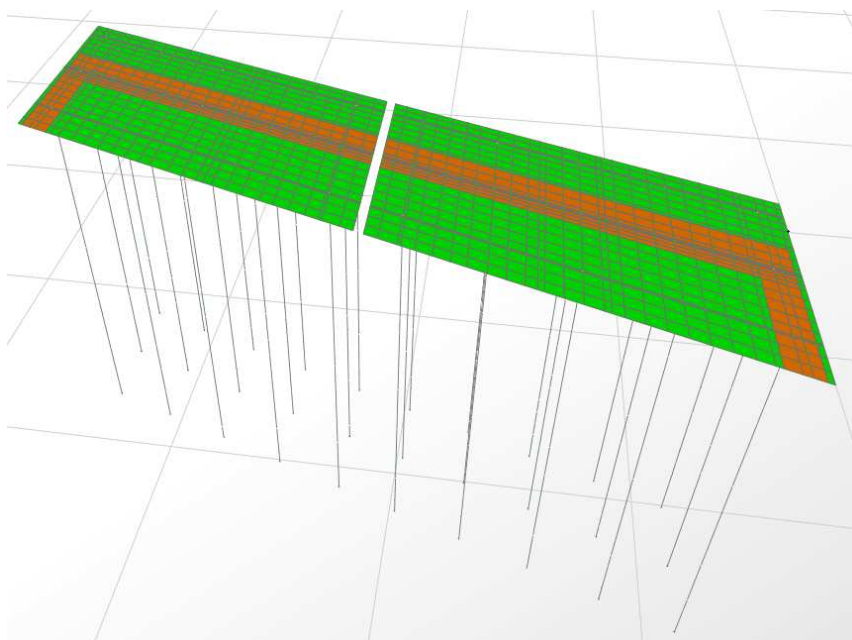
Si sono implementati i singoli elementi strutturali come di seguito descritto.

#### 6.1.1 SPALLA

La spalla è l'elemento principale di verifica: è quindi stata implementata come struttura ogni sua parte.

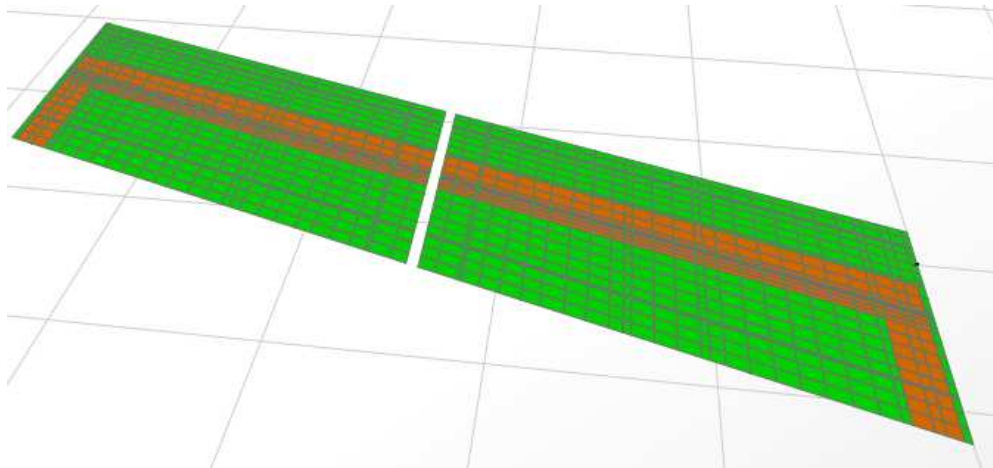
##### Pali

I pali sono schematizzati come elementi frame di rigidezza equivalente al palo in oggetto (modulo elastico relativo al materiale e area relativa all'elemento) immerso in un suolo elastico alla Winkler; la schematizzazione del terreno viene quindi fatta tramite "line spring", molle lineari nelle 2 direzioni principali dell'elemento cui si è stabilito di attribuire un coefficiente  $k=3\text{kg/cm}^3$ .



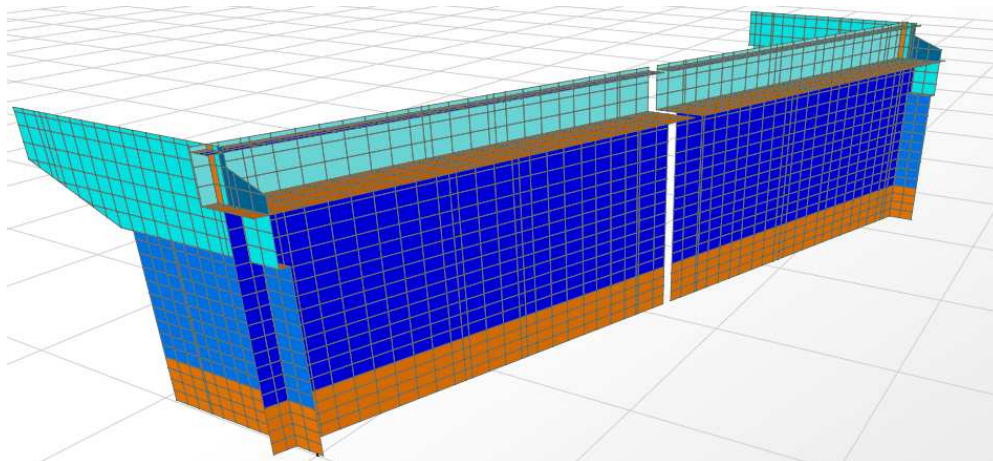
##### Fondazioni

La fondazione a platea è stata schematizzata come elemento shell di spessore corrispondente a quello reale.



### Elevazione

I muri di risvolto e il muro paraghiaia sono stati schematizzati come elementi shell di spessore e rigidezza reali.



### Elementi accessori

Gli altri elementi introdotti nel modello relativamente alla spalla sono quelli denominati “rigidi” funzionali ad una corretta schematizzazione della struttura e dotati di peso nullo.

## **6.1.2 IMPALCATO**

Per la struttura della spalla l’impalcato rappresenta un carico che deve essere correttamente trasmesso alla struttura sottostante. Per tale motivo si sono implementati degli elementi fittizi di ausilio denominati: appoggi, traversi (T.C1, T.C2 e T.Cordolo) e barriera.

Per quanto riguarda gli appoggi si tratta di elementi tipo “frame” con sezione fittizia circolare (0,01m di diametro) e costituiti da un materiale fittizio “nullo” caratterizzato da un peso specifico nullo e modulo elastico basso. L’elevata deformabilità dell’elemento appoggio ha consentito il trasferimento del carico da parte dell’impalcato, rispetto alla struttura delle spalle e delle pile, in modo differenziale, tenendo conto anche della deformazione trasversale dell’impalcato stesso determinata dai carichi sull’impalcato.

I traversi sono stati funzionali all’introduzione dei carichi mobili da ponte. Si tratta di elementi tipo “frame” con sezione fittizia circolare (1m di diametro) e materiale “rigido” caratterizzato da un peso

specifico nullo e modulo elastico molto elevato. Il peso proprio è stato introdotto direttamente con i carichi e l'alto modulo associato all'elevata sezione ha consentito un trasferimento totale del carico alla sottostruttura.

La barriera infine ha permesso l'introduzione dell'azione del vento. Anch'essa è stata schematizzata ad elemento "frame", con sezione circolare (diametro 1m) e materiale "rigido". Il peso proprio di tali elementi è stato attribuito come peso proprio direttamente sul traverso e il tipo di materiale e la sezione hanno permesso un completo trasferimento del carico del vento sull'impalcato data la scarsa deformabilità dell'elemento.

TABLE: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties						
Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12	A1
Text	KN/m3	KN-s2/m4	KN/m2	KN/m2	Unitless	1/C
4000Psi	23.56312161	2.402769606	24855578.28	10356490.95	0.2	0.0000099
A615Gr60	76.97286394	7.84904738	199947978.8			0.0000117
A992Fy50	76.97286394	7.84904738	199947978.8	76903068.77	0.3	0.0000117
C20/25	25	2.549290481	30200000	12583333.33	0.2	0.000001
C25/30	25	2.549290481	31447000	13102916.67	0.2	0.000001
C35/45	25	2.549290481	34625000	14427083.33	0.2	0.000001
ElevazionePesoNullo	0	0	33019000	13757916.67	0.2	0.000001
Nullo	0	0	10000	4545.454545	0.1	0.000001
PlateaBeam	0	0	33019000	13757916.67	0.2	0.000001
PlateaShell	3750	382.3935721	33019000	13757916.67	0.2	0.000001
Rigido	0	0	10000000000	4166666667	0.2	0.000001
S275	78.5	8.004772109	210000000	80769230.77	0.3	0.0000117
S355	78.5	8.004772109	210000000	80769230.77	0.3	0.0000117
Tirante	0	0	98066.502	44575.68273	0.1	1

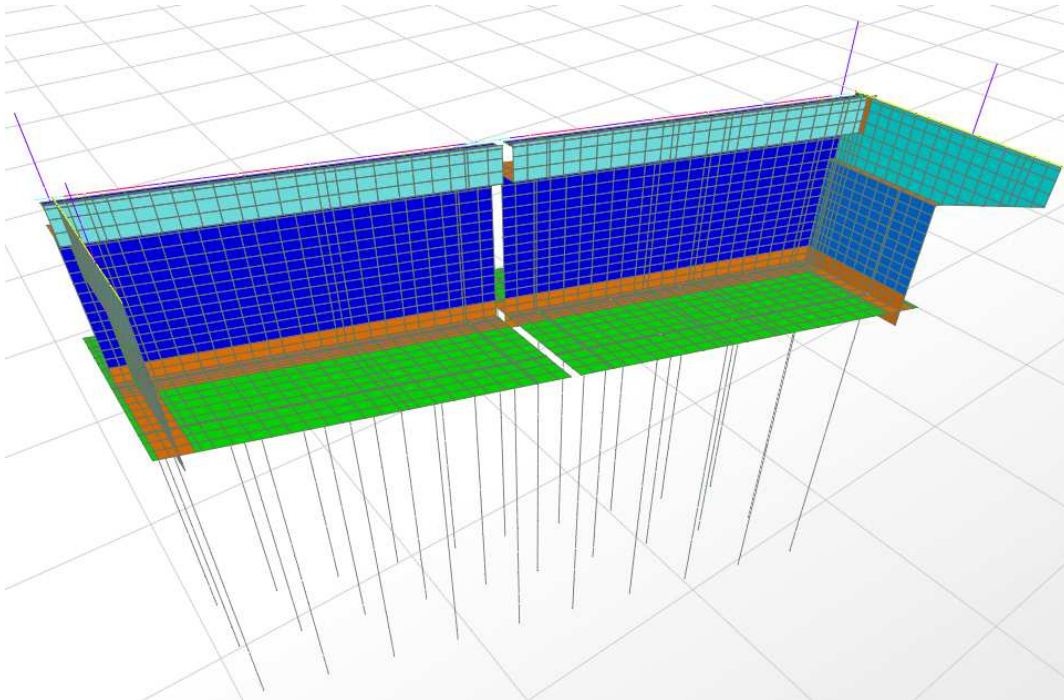
TABLE: Area Section Properties							
Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick
Text	Text	Degrees	Text	Text	Yes/No	m	m
Barriere	C35/45	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.01	0.01
Fusto 2.30m	C35/45	0	Shell	Shell-Thick	Yes	2.3	2.3
Fusto 2.30m Nullo	ElevazionePesoNullo	0	Shell	Shell-Thick	Yes	2.3	2.3
Parag.Oriz. Nullo	ElevazionePesoNullo	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.3	0.3
Parag.Orizz	C35/45	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.3	0.3
Paraghiaia	C35/45	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.5	0.5
ParaghiaiaNullo	ElevazionePesoNullo	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.5	0.5
Parete30	C35/45	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.3	0.3
Parete30Nulla	ElevazionePesoNullo	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.3	0.3
Platea 1.80m	C25/30	0	Shell	Shell-Thick	Yes	1.8	1.8
Platea 1.80m NoVerifica	C25/30	0	Shell	Shell-Thick	Yes	1.8	1.8
Risvolti 0.9m	C35/45	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.9	0.9
Risvolti 0.9m Nulli	ElevazionePesoNullo	0	Shell	Shell-Thick	Yes	0.9	0.9
Risvolti 1.40m	C35/45	0	Shell	Shell-Thick	Yes	1.4	1.4
Risvolti 1.40m Nulli	ElevazionePesoNullo	0	Shell	Shell-Thick	Yes	1.4	1.4

TABLE: Frame Section Properties 01 - General					
SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area
Text	Text	Text	m	m	m2
Appoggio	Nulla	Circle	0.9		0.636172512
Baggiolo	C35/45	Rectangular	0.9	0.9	0.81
BarrieraAntiRumore	Rigido	Circle	1		0.785398163
Palo1200	C20/25	Circle	1.2		1.130973355
Rigido	Rigido	Circle	1.2		1.130973355
S1.1	PlateaBeam	Rectangular	1.5	2	3
S1.2	PlateaBeam	Rectangular	1.5	0.5	0.75
S1.3	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.5	2.25
S1.4	PlateaBeam	Rectangular	1.5	2.1	3.15
S1.5	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.6	2.4
S1.6	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.75	2.625
S1.7	PlateaBeam	Rectangular	1.5	2.45	3.675
S2.2	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.75	2.625
S2.3	PlateaBeam	Rectangular	1.5	3	4.5
S2.4	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1	1.5
S3.1	PlateaBeam	Rectangular	1.5	2	3
S3.2	PlateaBeam	Rectangular	1.5	3	4.5
S3.3	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.5	2.25
S3.4	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.25	1.875
S3.5	PlateaBeam	Rectangular	1.5	1.6	2.4
SpallaEsistente	Rigido	Circle	1		0.785398163
T.C1	Rigido	Circle	1		0.785398163
T.C2	Rigido	Circle	1		0.785398163
T.Cordolo	Rigido	Circle	1		0.785398163
Tirante	Tirante	General	0.0113	0.0113	0.01
_NULLO	Nulla	General	0.05	0.05	0.01

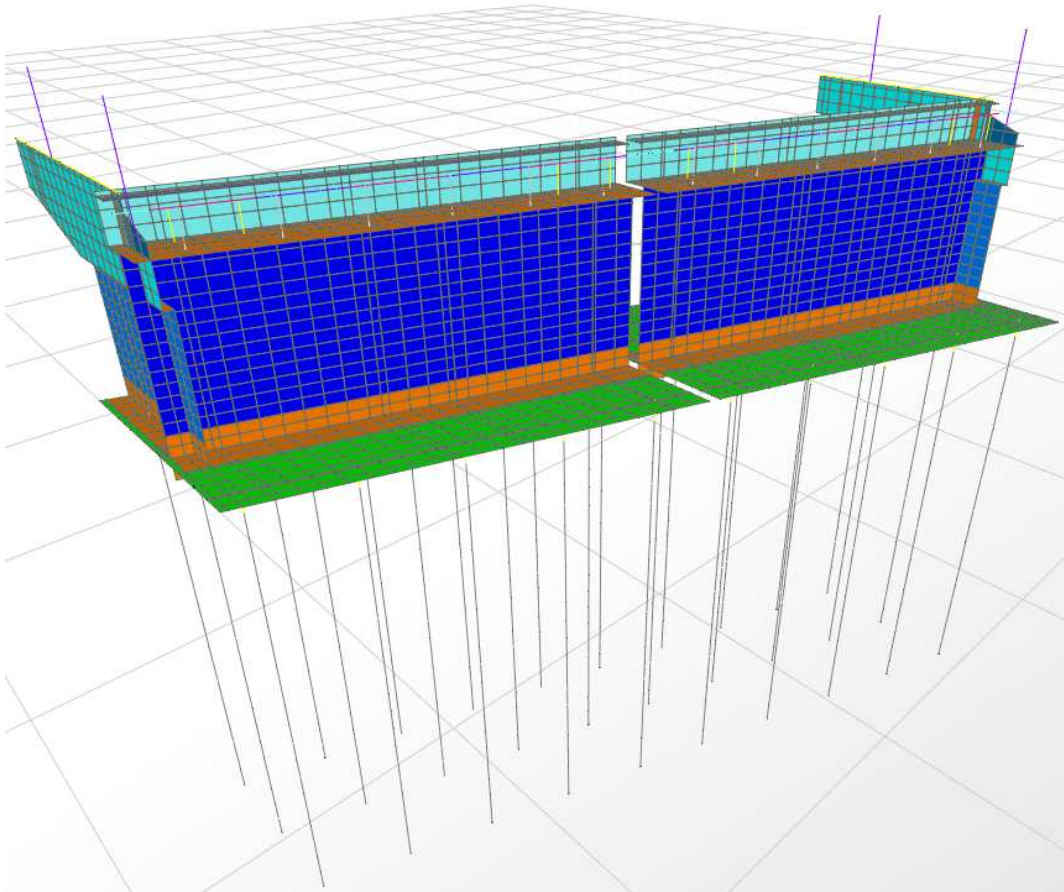


## SCHEMA GENERALE DEL MODELLO

## VISTA 3D

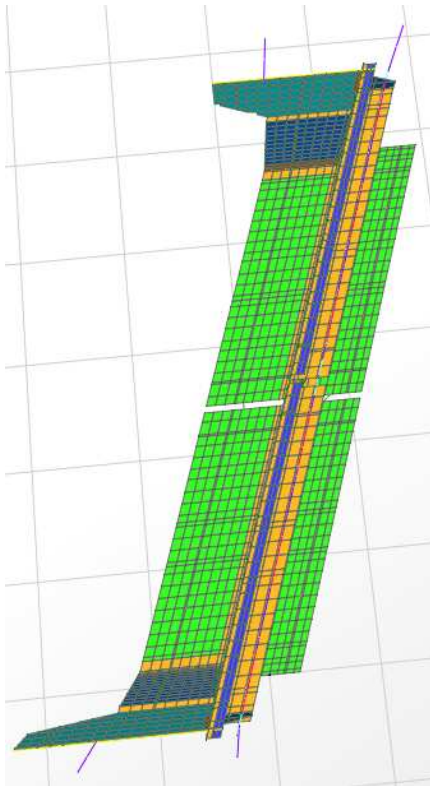


## PROSPETTO SPALLA



### 6.1.3 CONVENZIONI SUI SEGNI

Il sistema di riferimento globale è costituito dagli assi X, Y con l'asse X parallelo all'asse del ponte. In direzione longitudinale X, si considerano positive le azioni che hanno effetto destabilizzante nei confronti della spalla.



LATO SINISTRO

Direzione Y+    ↑

Direzione X+..... →

LATO DESTRO



## 6.2 DATI PER ANALISI SISMICA

L'analisi sismica è stata condotta secondo il metodo dell'Analisi Statica Equivalente.

Come si è già ripetuto la struttura della spalla deve conservare sotto l'azione sismica un comportamento elastico, quindi senza innesco di sistemi dissipativi (cerniere plastiche stabili). Le verifiche sismiche delle spalle da ponte possono essere eseguite applicando l'azione sismica (azione statica equivalente) indipendentemente nelle due direzioni orizzontali, rispettivamente trasversale e longitudinale e combinandole successivamente tra di loro.

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

Le combinazioni delle azioni dovute alle due componenti orizzontali sono ottenute utilizzando come azione di progetto (§ 7.3.5), la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL}$$

Così come consentito dalla normativa verrà trascurato il sisma verticale trattandosi di intervento ubicato in zona 3.

Per il calcolo delle forze d'inerzia agenti sulla spalla, vengono considerati i contributi di tutte le sue parti nonché del terreno imbarcato.

## 6.3 ELENCO DATI

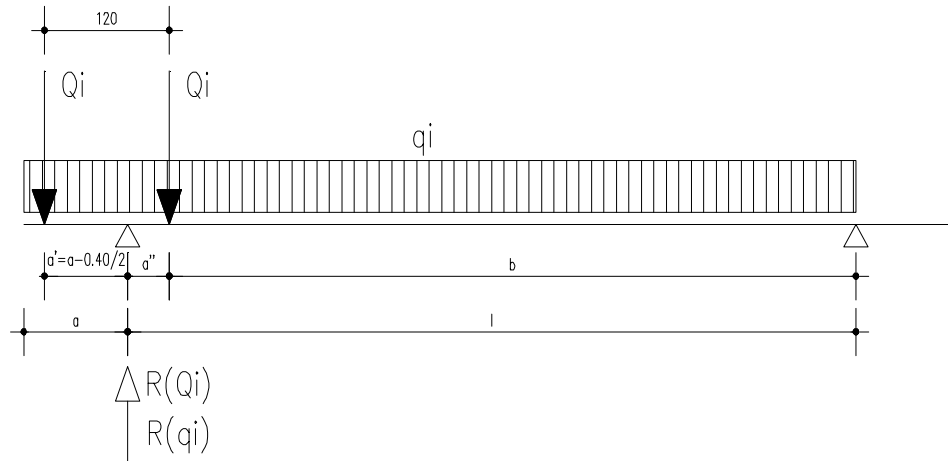
### 6.3.1 DATI RELATIVI ALLE TRAVI

numero travi		12
lunghezza travi	(m)	85.00
peso singola trave	(kN/m)	8.40
interasse travi	(m)	2.80
altezza trave	(m)	1.10
interasse giunti	(m)	85.20
Interasse appoggi (campata): L	(m)	28
Lunghezza di afferenza carichi permanenti Impalcato	(m)	14.60

### 6.3.2 DATI RELATIVI ALLA SOLETTA, ALLA PAVIMENTAZIONE ED ALLE FINITURE

larghezza soletta (totale da esterno veletta a esterno veletta)	(m)	34.45
spessore soletta	(m)	0.30
larghezza cordolo n.1 sx - esterno -	(m)	1.20
larghezza cordolo n.2 sx - interno -	(m)	0.90
larghezza cordolo n.1 dx - esterno -	(m)	1.00
larghezza cordolo n.2 dx - interno -	(m)	0.90
altezza cordoli	(m)	0.12
peso aggiuntivo (barriere di sicurezza/antirumore, velette, polifore, ..)		
cordolo n.1 sx - esterno	(kN/m)	4.00
cordolo n.2 sx - interno	(kN/m)	2.00

COMMITTENTE <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO</b>	CODIFICA DOCUMENTO AI_4_5_2_4_RELAZIONE_CALCULO_SPALLE.DOCX	FOGLIO 33 DI 277
cordolo n.3 dx - esterno	(kN/m)	<b>2.00</b>
cordolo n.4 dx - interno	(kN/m)	<b>4.00</b>
altezza barriere (per calcolo vento)	(m)	<b>3.50</b>
<i>Coefficienti per trave continua a più campate</i>		
$\zeta$ (str)		<b>1.00</b>
$\zeta$ (perm)		<b>1.00</b>
spessore pavimentazione	(m)	<b>0.07</b>
peso pavimentazione	(kN/m <sup>2</sup> )	<b>3.00</b>
<i>Coefficienti per trave continua a più campate</i>		
$\zeta$ (perm)		<b>1.00</b>
<b>6.3.3 DATI RELATIVI AI CARICHI MOBILI</b>		
numero colonne di carico		<b>10</b>
larghezza colonne di carico	(m)	<b>3.00</b>
Lunghezza colonna Qi per sovraccarico terrapieno	(m)	<b>2.20</b>
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.1 sx - esterno -	(m)	<b>0.00</b>
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.2 sx - interno -	(m)	<b>0.00</b>
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.1 dx - esterno -	(m)	<b>0.00</b>
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.2 dx - interno -	(m)	<b>0.00</b>
<i>Dati per reazione appoggio trave semplicemente appoggiata</i>		
Qi (carico concentrato) - valore unitario	(kN)	<b>100.00</b>
qi (carico distribuito) - valore unitario	(kN/m <sup>2</sup> )	<b>1.00</b>
Retrotrave: a	(m)	<b>0.60</b>
Interasse appoggi (campata): L	(m)	<b>28.00</b>
Distanza asse 1° ruota-asse appoggio: a'	(m)	<b>0.40</b>
<i>Coefficienti per trave continua a più campate</i>		
$\zeta$ (Q)		<b>1.00</b>
$\zeta$ (q)		<b>1.00</b>
$\zeta$ (F)		<b>1.00</b>



**6.3.4 DATI RELATIVI ALLE AZIONI SISMICHE**

Parametri spettrali (D.M. 14/01/2008 - par. 3.2.3.1)

Comune		<b>Verona</b>
Latitudine		<b>45.2538</b>
Longitudine		<b>10.5435</b>
Vita nominale dell'opera		<b>100</b>
Coefficiente d'uso		<b>2</b>
Periodo di riferimento	(anni)	<b>200</b>
Categoria del suolo - A B C D E -		<b>B</b>
Coefficienti di amplificazione topografica - T1 T2 T3 T4 -		<b>T1</b>
Quota baricentro impalcato rispetto intradosso travi	(m)	<b>1.03</b>

Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV

	$T_R$	<b>1898</b>
Accelerazione orizzontale massima sul sito di riferimento rigido	$a_g/g$	<b>0.261</b>
	$F_0$	<b>2.407</b>
	$T'_c$	<b>0.287</b>

coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza	$\beta_m$	<b>1.00</b>
coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S$	<b>1.15</b>
coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	<b>1.0</b>
accelerazione orizzontale massima del sito = $S_S * S_T * a_g =$	$a_{max}/g$	<b>0.300</b>
coefficiente sismico orizzontale = $a_{max}/g * \beta_m =$	$k_h$	<b>0.300</b>
considerare spinta verticale (si/no)		<b>no</b>
coefficiente sismico verticale = $0.5 k_h =$	$k_{v+-}$ "+-"	<b>0.000</b>

Squilibrio sisma longitudinale (mettere Si/No): **no**

**6.3.5 DATI RELATIVI AGLI APPOGGI ED ALLA CURVATURA IMPALCATO**

raggio di curvatura impalcato - zero se rettilineo -	(m)	<b>0.00</b>
altezza appoggio	(m)	<b>0.20</b>
Tipo di appoggio		<b>D</b>

Appoggio fisso solo su spalla = 1  
Appoggio mobile su questa spalla = 0

Appoggi fissi multipli - coeff. Di afferenza = C

Appoggi in Neoprene = N

Dispositivi dissipativi = D

*Dati per Frenatura*

Lunghezza zona caricata per frenatura L (vedi cap. 5.1.3.5 DM 2008) (m) **85.20**

Categoria di Ponte (mettere 1 o 2): **1**

Squilibrio di frenatura (mettere Si/No): **no**

*Dati per Attrito sugli appoggi*

Coefficiente d'attrito sugli appoggi in % sui carichi permanenti % **0.06**

Delta T per calcolo appoggi Neoprene/Dissipativi (°) **40**

### 6.3.6 DATI RELATIVI AI BAGGIOLI

numero baggioli **12**

altezza baggioli (m) **0.18**

larghezza baggioli (m) **0.90**

profondità baggioli (m) **0.90**

posizione asse baggioli rispetto filo di valle spalla (m) **0.60**

### 6.3.7 DATI RELATIVI ALLA SPALLA

*Paraghiaia*

altezza paraghiaia (m) **1.80**

spessore paraghiaia (m) **0.50**

distanza asse paraghiaia da filo anteriore fusto (m) **2.05**

lunghezza paraghiaia (m) **35.16**

*Fusto*

altezza fusto (m) **6.60**

spessore fusto (m) **2.30**

lunghezza fusto (m) **35.88**

*Risvolto di sx*

altezza risolto sx (m) **8.40**

lunghezza risolto sx (m) **8.05**

spessore risolto sx (m) **1.40**

altezza orecchia sx (m) **2.05**

lunghezza orecchia sx (m) **1.50**

spessore orecchia sx (m) **0.90**

*Risvolto di dx*

altezza risolto dx (m) **8.40**

lunghezza risolto dx (m) **8.05**

spessore risolto dx (m) **1.40**

altezza orecchia sx (m) **2.05**

lunghezza orecchia sx (m) **1.50**

spessore orecchia sx (m) **0.90**

azione longitudinale aggiuntiva - tiranti - (kN) **0.00**

quota di app.ne azione long. aggiuntiva da intradosso fondazione (m) **0.00**

**6.3.8 DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE*****Fusto***

lunghezza platea di fondazione	(m)	<b>38.84</b>
larghezza platea di fondazione	(m)	<b>13.20</b>
spessore platea	(m)	<b>1.80</b>
ciabatta posteriore (per terreno imbarcato)	(m)	<b>4.00</b>
numero nodi platea fondazione fusto	n	<b>546</b>

***Risvolto di sx***

lunghezza platea di fondazione	(m)	<b>0.00</b>
larghezza platea di fondazione	(m)	<b>0.00</b>
spessore platea	(m)	<b>1.80</b>
ciabatta posteriore (per terreno imbarcato)	(m)	<b>15.10</b>
numero nodi platea fondazione risolto sx	n	<b>0</b>

***Risvolto di dx***

lunghezza platea di fondazione	(m)	<b>0.00</b>
larghezza platea di fondazione	(m)	<b>0.00</b>
spessore platea	(m)	<b>1.80</b>
ciabatta posteriore (per terreno imbarcato)	(m)	<b>15.10</b>
numero nodi platea fondazione risolto dx	n	<b>0</b>

**6.3.9 DATI RELATIVI AL TERRENO**

peso specifico terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.00</b>
angolo di attrito interno terreno di monte	$\phi$ (°)	<b>35.00</b>
angolo di attrito terreno-muro	$\delta$ (°)	<b>0.00</b>
inclinazione muro rispetto alla verticale $\theta$	$\theta$ (°)	<b>0.00</b>
inclinazione terrapieno rispetto all'orizzontale $\beta$	$\beta$ (°)	<b>0.00</b>

altezza a filo anteriore fondazione del terreno di valle	(m)	<b>0.00</b>
altezza a filo elevazione del terreno di valle	(m)	<b>0.00</b>
altezza a filo elevazione del terreno alle testate	(m)	<b>0.00</b>
altezza a filo posteriore fondazione del terreno alle testate	(m)	<b>0.00</b>
angolo di attrito interno del terreno a valle	(°)	<b>30.00</b>

***DATI RELATIVI AL SOVRACCARICO***

Altezza spalla per diffusione	(m)	<b>8.40</b>
Angolo di diffusione	(°)	<b>30</b>
Carico $Q_i$ (su impronta 3.00x2.20m)	kN	<b>1200.00</b>
Carico $q_i$ (su impronta 3.00x2.20m)	kN	<b>92.40</b>
<b>Carico Totale</b>	kN	<b>1292.40</b>

Larghezza totale colonne+diffusione	(m)	<b>13.85</b>
Lunghezza totale colonne $Q_i$ +diffusione	(m)	<b>7.05</b>

Carico accidentale sul terrapieno ad impalcato carico	(kN/m <sup>2</sup> )	<b>9.00</b>
Carico accidentale sul terrapieno ad impalcato scarico	(kN/m <sup>2</sup> )	<b>20.00</b>

**6.3.10 DATI RELATIVI ALLA PALIFICATA DI FONDAZIONE*****Fusto***

numero pali		<b>40</b>
diametro pali	(m)	<b>1.20</b>
lunghezza pali	(m)	<b>20.00</b>

***Risvolto di sx***

numero pali		<b>0</b>
diametro pali	(m)	<b>0.00</b>
lunghezza pali	(m)	<b>00.00</b>

***Risvolto di dx***

numero pali		<b>0</b>
diametro pali	(m)	<b>0.00</b>
lunghezza pali	(m)	<b>00.00</b>

## 6.4 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

### 6.4.1 CARICHI ELEMENTARI

TABLE: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult
Text	Text	Unitless
A1.a) Spalla Peso Proprio	DEAD	1
N2a+sx) Y TERRA V+ M1	QUAKE	0
N2a+dx) Y TERRA V+ M1	QUAKE	0
N2a-sx) Y TERRA V- M1	QUAKE	0
N2a-dx) Y TERRA V- M1	QUAKE	0
N2b+sx) Y TERRA V+ M2	QUAKE	0
N2b+dx) Y TERRA V+ M2	QUAKE	0
N2b-sx) Y TERRA V- M2	QUAKE	0
N2b-dx) Y TERRA V- M2	QUAKE	0
A1.b) Tiranti	DEAD	0
A2.a) Spinta della Terra M1	DEAD	0
A2.b) Spinta della Terra M2	DEAD	0
A2.c) Spinta della TerraSismica M1	DEAD	0
A3.a) Spalla Perm.	DEAD	0
A2.d) Spinta della TerraSismica M2	DEAD	0
B1) Impalcato Peso Proprio	DEAD	0
B2) Impalcato Perm.	DEAD	0
C1a) Acc.1 Imp. Tandem	LIVE	0
C2a) Acc.1 Imp. Distribuito	LIVE	0
C1b) Acc.2 Imp. Tandem	LIVE	0
C2b) Acc.2 Imp. Distribuito	LIVE	0
C3a1) Folla 1 Marc.Lato Acc.	LIVE	0
C3a2) Folla 1 Marc.Centro	LIVE	0
C3a3) Folla 1 Marc.Lato Opposto	LIVE	0
C3b1) Folla 2 Marc.Lato Acc.	LIVE	0
C3b2) Folla 2 Marc.Centro	LIVE	0
C3b3) Folla 2 Marc.Lato Opposto	LIVE	0
Da) Acc.Ril+Carico M1	LIVE	0
Db) Acc.Ril+Carico M2	LIVE	0
Ea) Acc.Ril+Scarico M1	LIVE	0
Eb) Acc.Ril+Scarico M2	LIVE	0
F1) Frenatura 1	LIVE	0
F2) Frenatura 2	LIVE	0
G1) Azione Centrifuga 1	LIVE	0
G2) Azione Centrifuga 2	LIVE	0
H1) VENTO+y Imp.carico	WIND	0
H2) VENTO-y Imp.carico	WIND	0
I1) VENTO+y Imp.scarico	WIND	0
I2) VENTO-y Imp.scarico	WIND	0
L1) Vento +y Spalla	WIND	0
L2) Vento -y Spalla	WIND	0
L3) Neve	LIVE	0
M1a) SismaX Spalla	QUAKE	0
M1b) SismaX Terra Imbarcata	QUAKE	0
M2a+) X TERRA V+ M1	QUAKE	0
M2a-) X TERRA V- M1	QUAKE	0
M2b+) X TERRA V+ M2	QUAKE	0
M2b-) X TERRA V- M2	QUAKE	0
M3) SISMA X IMP.	QUAKE	0
N1a) SismaY Spalla	QUAKE	0
N1bsx) SismaY Terra Imbarcata	QUAKE	0
N1bdx) SismaY Terra Imbarcata	QUAKE	0
N3) SISMA Y IMP.	QUAKE	0
O1) SISMA V SPALLA	QUAKE	0
O2a) V TERRA V+	QUAKE	0
O2b) V TERRA V-	QUAKE	0
O3) SISMA V IMP.	QUAKE	0
P1) Attrito Imp.Struttura	DEAD	0
P2) Attrito Imp.Portati	DEAD	0
e3) dt	LIVE	0
Asx) Eccezionale parallela	LIVE	0
Adx) Eccezionale parallela	LIVE	0
Asx) Eccezionale ortogonale	LIVE	0
Adx) Eccezionale ortogonale	LIVE	0

TABLE: Load Case Definitions

Case	Type
Text	Text
A1) Spalla Peso Proprio+Tiranti	LinStatic
A2a) Spinta della Terra M1	LinStatic
A2b) Spinta della Terra M2	LinStatic
A2c) Spinta della TerraSismica M1	LinStatic
A2d) Spinta della TerraSismica M2	LinStatic
A3) Spalla Perm.	LinStatic
B1) Imp. Peso Proprio	LinStatic
B2) Impalcato Perm.	LinStatic
C1a) Acc.1 Imp.Tandem	LinStatic
C2a) Acc.1 Imp.Distribuito	LinStatic
C1b) Acc.2 Imp.Tandem	LinStatic
C2b) Acc.2 Imp. Distribuito	LinStatic
C3a) Folla 1	LinStatic
C3b) Folla 2	LinStatic
Da) Acc. Ril+Carico M1	LinStatic
Db) Acc.Ril+Carico M2	LinStatic
Ea) Acc. Ril+Scarico M1	LinStatic
Eb) Acc.Ril+Scarico M2	LinStatic
F1) Frenatura 1	LinStatic
F2) Frenatura 2	LinStatic
G1) Azione Centrifuga 1	LinStatic
G2) Azione Centrifuga 2	LinStatic
H1) Vento+ Ponte Carico	LinStatic
H2) Vento- Ponte Carico	LinStatic
I1) Vento+ Ponte scarico	LinStatic
I2) Vento- Ponte scarico	LinStatic
L1) Vento+ Spalla	LinStatic
L2) Vento- Spalla	LinStatic
L3) Neve	LinStatic
Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+	LinStatic
Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-	LinStatic
Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+	LinStatic
Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-	LinStatic
M3) SISMA X IMP.	LinStatic
N3) SISMA Y IMP.	LinStatic
Oa) Sisma Verticale V+	LinStatic
Ob) Sisma Verticale V-	LinStatic
O3) SISMA V IMP.	LinStatic
P1) Attrito Imp.Struttura	LinStatic
P2) Attrito Imp.Portati	LinStatic
e3) dt	LinStatic
Na+sx) Y TERRA V+ M1	LinStatic
Na+dx) Y TERRA V+ M1	LinStatic
Na-sx) Y TERRA V- M1	LinStatic
Na-dx) Y TERRA V- M1	LinStatic
Nb+sx) Y TERRA V+ M2	LinStatic
Nb+dx) Y TERRA V+ M2	LinStatic
Nb-sx) Y TERRA V- M2	LinStatic
Nb-dx) Y TERRA V- M2	LinStatic
Asx) Eccezionale parallela	LinStatic
Adx) Eccezionale parallela	LinStatic
Asx) Eccezionale ortogonale	LinStatic
Adx) Eccezionale ortogonale	LinStatic

**TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments**

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
A1) Spalla Peso Proprio+Tiranti	Load pattern	A1.a) Spalla Peso Proprio	1
A1) Spalla Peso Proprio+Tiranti	Load pattern	A1.b) Tiranti	1
A2a) Spinta della Terra M1	Load pattern	A2.a) Spinta della Terra M1	1
A2b) Spinta della Terra M2	Load pattern	A2.b) Spinta della Terra M2	1
A2c) Spinta della TerraSismica M1	Load pattern	A2.c) Spinta della TerraSismica M1	1
A2d) Spinta della TerraSismica M2	Load pattern	A2.d) Spinta della TerraSismica M2	1
A3) Spalla Perm.	Load pattern	A3.a) Spalla Perm.	1
B1) Imp. Peso Proprio	Load pattern	B1) Impalcato Peso Proprio	1
B2) Impalcato Perm.	Load pattern	B2) Impalcato Perm.	1
C1a) Acc.1 Imp.Tandem	Load pattern	C1a) Acc.1 Imp. Tandem	1
C2a) Acc.1 Imp.Distribuito	Load pattern	C2a) Acc.1 Imp. Distribuito	1
C1b) Acc.2 Imp.Tandem	Load pattern	C1b) Acc.2 Imp. Tandem	1
C2b) Acc.2 Imp. Distribuito	Load pattern	C2b) Acc.2 Imp. Distribuito	1
C3a) Folla 1	Load pattern	C3a1) Folla 1 Marc.Lato Acc.	1
C3a) Folla 1	Load pattern	C3a2) Folla 1 Marc.Centro	1
C3a) Folla 1	Load pattern	C3a3) Folla 1 Marc.Lato Opposto	1
C3b) Folla 2	Load pattern	C3a2) Folla 1 Marc.Centro	1
C3b) Folla 2	Load pattern	C3b2) Folla 2 Marc.Centro	1
C3b) Folla 2	Load pattern	C3b3) Folla 2 Marc.Lato Opposto	1
Da) Acc. Ril+Carico M1	Load pattern	Da) Acc.Ril+Carico M1	1
Db) Acc.Ril+Carico M2	Load pattern	Db) Acc.Ril+Carico M2	1
Ea) Acc. Ril+Scarico M1	Load pattern	Ea) Acc.Ril+Scarico M1	1
Eb) Acc.Ril+Scarico M2	Load pattern	Eb) Acc.Ril+Scarico M2	1
F1) Frenatura 1	Load pattern	F1) Frenatura 1	1
F2) Frenatura 2	Load pattern	F2) Frenatura 2	1
G1) Azione Centrifuga 1	Load pattern	G1) Azione Centrifuga 1	1
G2) Azione Centrifuga 2	Load pattern	G2) Azione Centrifuga 2	1
H1) Vento+ Ponte Carico	Load pattern	H1) VENTO+y Imp.carico	1
H2) Vento- Ponte Carico	Load pattern	H2) VENTO-y Imp.carico	1
I1) Vento+ Ponte scarico	Load pattern	I1) VENTO+y Imp.scarico	1
I2) Vento- Ponte scarico	Load pattern	I2) VENTO-y Imp.scarico	1
L1) Vento+ Spalla	Load pattern	L1) Vento +y Spalla	1
L2) Vento- Spalla	Load pattern	L2) Vento -y Spalla	1
L3) Neve	Load pattern	L3) Neve	1
Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+	Load pattern	M1a) SismaX Spalla	1
Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+	Load pattern	M2a+) X TERRA V+ M1	1
Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+	Load pattern	M1b) SismaX Terra Imbarcata	1
Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-	Load pattern	M1a) SismaX Spalla	1
Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-	Load pattern	M2a-) X TERRA V- M1	1
Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-	Load pattern	M1b) SismaX Terra Imbarcata	1
Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+	Load pattern	M1a) SismaX Spalla	1
Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+	Load pattern	M2b+) X TERRA V+ M2	1
Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+	Load pattern	M1b) SismaX Terra Imbarcata	1
Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-	Load pattern	M1a) SismaX Spalla	1
Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-	Load pattern	M2b-) X TERRA V- M2	1
Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-	Load pattern	M1b) SismaX Terra Imbarcata	1
M3) SISMA X IMP.	Load pattern	M3) SISMA X IMP.	1
N3) SISMA Y IMP.	Load pattern	N3) SISMA Y IMP.	1
Oa) Sisma Verticale V+	Load pattern	O1) SISMA V SPALLA	1
Oa) Sisma Verticale V+	Load pattern	O2a) V TERRA V+	1
Ob) Sisma Verticale V-	Load pattern	O1) SISMA V SPALLA	1
Ob) Sisma Verticale V-	Load pattern	O2b) V TERRA V-	1
O3) SISMA V IMP.	Load pattern	O3) SISMA V IMP.	1
P1) Attrito Imp.Struttura	Load pattern	P1) Attrito Imp.Struttura	1
P2) Attrito Imp.Portati	Load pattern	P2) Attrito Imp.Portati	1
e3) dt	Load pattern	e3) dt	1
Na+sx) Y TERRA V+ M1	Load pattern	N2a+sx) Y TERRA V+ M1	1
Na+sx) Y TERRA V+ M1	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	1
Na+sx) Y TERRA V+ M1	Load pattern	N1bsx) SismaY Terra Imbarcata	1
Na+dx) Y TERRA V+ M1	Load pattern	N2a+dx) Y TERRA V+ M1	1
Na+dx) Y TERRA V+ M1	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	-1
Na+dx) Y TERRA V+ M1	Load pattern	N1bdx) SismaY Terra Imbarcata	1
Na-sx) Y TERRA V- M1	Load pattern	N2a-sx) Y TERRA V- M1	1
Na-sx) Y TERRA V- M1	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	1
Na-sx) Y TERRA V- M1	Load pattern	N1bsx) SismaY Terra Imbarcata	1
Na-dx) Y TERRA V- M1	Load pattern	N2a-dx) Y TERRA V- M1	1
Na-dx) Y TERRA V- M1	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	-1
Na-dx) Y TERRA V- M1	Load pattern	N1bdx) SismaY Terra Imbarcata	1
Nb+sx) Y TERRA V+ M2	Load pattern	N2b+sx) Y TERRA V+ M2	1
Nb+sx) Y TERRA V+ M2	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	1
Nb+sx) Y TERRA V+ M2	Load pattern	N1bsx) SismaY Terra Imbarcata	1
Nb+dx) Y TERRA V+ M2	Load pattern	N2b+dx) Y TERRA V+ M2	1
Nb+dx) Y TERRA V+ M2	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	-1
Nb+dx) Y TERRA V+ M2	Load pattern	N1bdx) SismaY Terra Imbarcata	1
Nb-sx) Y TERRA V- M2	Load pattern	N2b-sx) Y TERRA V- M2	1
Nb-sx) Y TERRA V- M2	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	1
Nb-sx) Y TERRA V- M2	Load pattern	N1bsx) SismaY Terra Imbarcata	1
Nb-dx) Y TERRA V- M2	Load pattern	N2b-dx) Y TERRA V- M2	1
Nb-dx) Y TERRA V- M2	Load pattern	N1a) SismaY Spalla	-1
Nb-dx) Y TERRA V- M2	Load pattern	N1bdx) SismaY Terra Imbarcata	1









5A) Carichi elementari combinazione sismica (terreno non defattorizzato e spinta attiva) (A1M1)

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}^*Q_{k2} + \psi_{23}^*Q_{k3} + \dots$$

Carichi elementari combinazione sismica (terreno non defattorizzato e spinta attiva)

(A2M1)

5B)

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}^*Q_{k2} + \psi_{23}^*Q_{k3} + \dots$$

S/N	Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo			Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo				Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo				Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo				Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo				Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo				Carichi da considerare nel calcolo dei momenti di campo																																	
	AV) = (A1M1)	AV) = (A2M1)	AV) = (A3M1)	CB) = (C1M1)	CB) = (C2M1)	CB) = (C3M1)	CB) = (C4M1)	DB) = (D1M1)	DB) = (D2M1)	DB) = (D3M1)	DB) = (D4M1)	GB) = (G1M1)	GB) = (G2M1)	GB) = (G3M1)	GB) = (G4M1)	EB) = (E1M1)	EB) = (E2M1)	EB) = (E3M1)	EB) = (E4M1)	FB) = (F1M1)	FB) = (F2M1)	FB) = (F3M1)	FB) = (F4M1)	HB) = (H1M1)	HB) = (H2M1)	HB) = (H3M1)	HB) = (H4M1)	IB) = (I1M1)	IB) = (I2M1)	IB) = (I3M1)	IB) = (I4M1)	LB) = (L1M1)	LB) = (L2M1)	LB) = (L3M1)	LB) = (L4M1)	MB) = (M1M1)	MB) = (M2M1)	MB) = (M3M1)	MB) = (M4M1)	NB) = (N1M1)	NB) = (N2M1)	NB) = (N3M1)	NB) = (N4M1)	OB) = (O1M1)	OB) = (O2M1)	OB) = (O3M1)	OB) = (O4M1)	PB) = (P1M1)	PB) = (P2M1)	PB) = (P3M1)	PB) = (P4M1)						
1																																																									

COMMITTENTE <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO</b>		CODIFICA DOCUMENTO A1_4_5_2_4_RELAZIONE_CALCOLO_SPALLE.DOCX			FOGLIO 44 DI 277	
<b>6.5 AZIONI</b>						
<b>6.5.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO</b>						
<b>6.5.1.1 CARICHI PERMANENTI</b>						
CARICHI PERMANENTI	(g2)	totale	sull'appoggio	sul traverso di testata		
travi		kN 8568.00	kN 1471.68	kN/m	42.72	
soletta		kN 22013.55	kN 3772.28	kN/m	109.50	
Struttura Impalcato (P.str.imp)	(g2.1)			B1) kN/m	152.22	Strut. Imp
cordolo esterno sx	(g2.2)	kN 306.72	kN 52.56	B2) kN/m	43.80	Perm. Imp.
cordolo interno sx	(g2.2)	kN 230.04	kN 39.42	B2) kN/m	32.85	Perm. Imp.
cordolo esterno dx	(g2.2)	kN 255.60	kN 43.80	B2) kN/m	36.50	Perm. Imp.
cordolo interno dx	(g2.2)	kN 230.04	kN 39.42	B2) kN/m	32.85	Perm. Imp.
pavimentazione	(g2.2)	kN 7783.02	kN 1333.71	B2) kN/m	38.71	Perm. Imp.
pesi aggiunti cordolo esterno sx	(g2.2)	kN 340.80	kN 58.40	B2) kN	58.40	Perm. Imp.
pesi aggiunti cordolo interno sx	(g2.2)	kN 170.40	kN 29.20	B2) kN	29.20	Perm. Imp.
pesi aggiunti cordolo esterno dx	(g2.2)	kN 170.40	kN 29.20	B2) kN	29.20	Perm. Imp.
pesi aggiunti cordolo interno dx	(g2.2)	kN 340.80	kN 58.40	B2) kN	58.40	Perm. Imp.
<b>6.5.1.2 CARICHI ACCIDENTALI</b>						
Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo più esterno: si considerano quindi due condizioni di carico limite:						
Cordolo esterno lato risolto di sinistra						
Cordolo esterno lato risolto di destra						
Le reazioni sulla spalla dovute ad ogni singola colonna di carico, compresa la folla sui marciapiedi, e la reazione totale sono le seguenti:						
CARICHI ACCIDENTALI	(q1)	sul traverso di testata				
Reazioni dovute ad ogni singola colonna		Qik (q1.1)		qik (q1.2)		
1° Colonna Q1k (4*150.00 kN), q1k (9.00 kN/m2)	(Qk*zQ, qk*zq)	kN 297.86		C1) kN/m	131.46	C2)
2° Colonna Q2k (4*100.00 kN), q2k (2.50 kN/m2)	(Qk*zQ, qk*zq)	kN 198.57		C1) kN/m	36.52	C2)
3° Colonna Q3k (4*50.00 kN), q3k (2.50 kN/m2)	(Qk*zQ, qk*zq)	kN 99.29		C1) kN/m	36.52	C2)
4° Colonna q4k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
5° Colonna q5k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
6° Colonna q6k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
7° Colonna q7k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
8° Colonna q8k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
9° Colonna q9k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
10° Colonna q10k (2.50 kN/m2)	(qk*zq)	kN -		kN/m	36.52	C2)
Totale Accidentali			595.71		460.10	
Folla cordoli						QFik
Folla cordolo n.1 sx - esterno - (5.00*0.5) kN/m2	(qk*zF)	RF1,sx		C3)	kN/m	0.00
Folla cordolo n.2 sx - interno - (5.00*0.5) kN/m2	(qk*zF)	RF2,sx		C3)	kN/m	0.00
Folla cordolo n.1 dx - esterno - (5.00*0.5) kN/m2	(qk*zF)	RF1,dx		C3)	kN/m	0.00

Folla cordolo n.2 dx - interno - (5.00\*0.5) kN/m2 (qk\*zF) RF2,dx C3) kN/m 0.00

**6.5.1.3 AZIONE DI FRENAMENTO**

L'azione di frenatura si distribuisce sulle pile e sulle spalle in maniera direttamente proporzionale alle rigidità degli appoggi che le collegano all'impalcato.

La forza totale di frenatura sull'impalcato di una via di corsa è pari a:

$$F_{fren} = 0.6 \cdot (2Q_{1K}) + 0.10q_{1K} \cdot w_1 \cdot L = \mathbf{590.31} \text{ kN}$$

Le rigidità degli appoggi sono pari a:

$K_{i,S} =$	<b>2.41</b>	kN/mm	Rigidità	App.
$K_{i,P} =$	<b>1.65</b>	kN/mm	Spalla	
$K_{TOT} =$	<b>48.72</b>	kN/mm	Rigidità App. Pila	
			Rigidità Totale	

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto alla frenatura sarà pari a

$$\Delta L_{fren} = F_{fren} / K_{TOT} = \mathbf{12.12} \text{ mm}$$

$$\gamma_{fren,S} = \Delta L_{fren} / t_{e,S} = \mathbf{0.22}$$

$$\gamma_{fren,P} = \Delta L_{fren} / t_{e,P} = \mathbf{0.20}$$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \text{ Spalla} = \mathbf{1.57}$$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \text{ Pila} = \mathbf{1.64}$$

$$G_S = G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \cdot G = \mathbf{2.20} \text{ N/mm}^2$$

$$G_P = G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \cdot G = \mathbf{2.30} \text{ N/mm}^2$$

Le rigidità calcolate iterativamente in funzione dello scorrimento sono pari a:

$K_{i,S} =$	<b>8.71</b>	kN/mm	Rigidità	App.
$K_{i,P} =$	<b>6.03</b>	kN/mm	Spalla	
$K_{TOT} =$	<b>176.82</b>	kN/mm	Rigidità App. Pila	
			Rigidità Totale	

Ne consegue che le forze sui singoli appoggi delle spalle e delle pile dovute ad una sola via di corsa sono pari a:

$$F_{i,S} = F \cdot K_{i,S} / (K_{i,S} + K_{i,P}) : \mathbf{29.07} \text{ kN}$$

$$n_{app,S} =$$

$$F_{i,P} = F \cdot K_{i,P} / (K_{i,S} + K_{i,P}) : \mathbf{20.12} \text{ kN}$$

$$n_{app,P} =$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto alla frenatura sarà pari a

$\Delta L_{fren} = F_{fren} / K_{TOT} =$	<b>3.34</b>	mm
$\gamma_{fren,S} = DL_{fren} / t_{e,S} =$	<b>0.06</b>	
$\gamma_{fren,P} = DL_{fren} / t_{e,P} =$	<b>0.06</b>	
$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Spalla =	<b>2.58</b>	
$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Pila =	<b>2.61</b>	
$G_S = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	<b>3.61</b>	N/mm <sup>2</sup>
$G_P = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	<b>3.65</b>	N/mm <sup>2</sup>

**6.5.1.4 AZIONE CENTRIFUGA**

Tale azione non interviene trattandosi di impalcato in rettilineo.

**6.5.1.5 AZIONE DEL VENTO**

Forza vento complessiva

$F_{ven} = V * Lc =$	<b>941.6</b>	kN
----------------------	--------------	----

Le rigidezze degli appoggi sono pari a:

$K_{i,S} =$	<b>2.41</b>	kN/mm	Rigidezza	App.
$K_{i,P} =$	<b>1.65</b>	kN/mm	Rigidezza	App. Pila
$K_{TOT} =$	<b>48.72</b>	kN/mm	Rigidezza	Totale

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto al vento sar  pari a

$\Delta L_{ven} = F_{ven} / K_{TOT} =$	<b>19.33</b>	mm
$\gamma_{ven,S} = \Delta L_{ven} / t_{e,S} =$	<b>0.35</b>	
$\gamma_{ven,P} = \Delta L_{ven} / t_{e,P} =$	<b>0.32</b>	
$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Spalla =	<b>1.41</b>	
$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Pila =	<b>1.44</b>	
$G_S = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	<b>1.97</b>	N/mm <sup>2</sup>
$G_P = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	<b>2.01</b>	N/mm <sup>2</sup>

Le rigidezze calcolate iterativamente in funzione dello scorrimento sono pari a:

$K_{i,S} =$	<b>7.54</b>	kN/mm	Rigidezza	App.
$K_{i,P} =$	<b>5.27</b>	kN/mm	Rigidezza	App. Pila
$K_{TOT} =$	<b>153.81</b>	kN/mm	Rigidezza	Totale

Ne consegue che le forze sui singoli appoggi delle spalle e delle pile dovute ad una sola via di corsa sono pari a:

$F_{i,S} = F * K_{i,S} / (K_{i,S} + K_{i,P}) :$	<b>46.18</b>	kN
---	--------------	----

$n_{app,S} =$

$F_{i,P} = F * K_{i,P} / (K_{i,S} + K_{i,P}) :$

**32.28** kN

$n_{app,P} =$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto alla frenatura sarà pari a

$\Delta L_{ven} = F_{ven} / K_{TOT} =$

**6.12** mm

$\gamma_{ven,S} = \Delta L_{ven} / t_{e,S} =$

**0.11**

$\gamma_{ven,P} = \Delta L_{ven} / t_{e,P} =$

**0.10**

$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1)$  Spalla =

**2.24**

$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1)$  Pila =

**2.28**

$G_S = G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) * G =$

**3.13** N/mm<sup>2</sup>

$G_P = G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) * G =$

**3.20** N/mm<sup>2</sup>

**6.5.1.6 AZIONE SISMICA**

Modulo di Taglio G

**1.4** N/mm<sup>2</sup>

Smorzamento  $\xi$

**16** %

$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} =$

**0.690**

$A_{app,S} =$

**96211** mm<sup>2</sup>

$A_{app,P} =$

**70686** mm<sup>2</sup>

Periodo T

$T = 2 * \pi * (M / \Sigma K)^{1/2}$

**1.295** s

**Spettro di risposta**

**Elastico SLV**

$S_e(SLV) =$

**0.155** g

(da spettro specifico di zona)

Le rigidezze vengono calcolate in modo iterativo:  $K_i =$

$G_{din}(g) / G_{din}(g=1) * K_0$

Rigidezza App. Spalla

**2.41** kN/mm

$K_{i,S} =$

Rigidezza App. Pila

**1.65** kN/mm

$K_{i,P} =$

Rigidezza Totale

**48.72** kN/mm

$K_{TOT} =$



La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{sis} = M \cdot S_e = \quad \mathbf{3214.32} \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio Spalla

$$F_{sis,i,S} = F_{sis} \cdot (K_{i,S} / (K_{i,S} + K_{i,P})) : n_{app,S} = \quad \mathbf{159.00} \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio Pila

$$F_{sis,i,P} = F_{sis} \cdot (K_{i,P} / (K_{i,S} + K_{i,P})) : n_{app,P} = \quad \mathbf{108.86} \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forza sarà pari a

$$\Delta L_{sis} = F_{sis} / K_{TOT} = \quad \mathbf{65.98} \quad \text{mm}$$

$$\gamma_{sis,S} = \Delta L_{sis} / t_{e,S} = \quad \mathbf{1.18}$$

$$\gamma_{sis,P} = \Delta L_{sis} / t_{e,P} = \quad \mathbf{1.10}$$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \text{ Spalla} = \quad \mathbf{1.00}$$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \text{ Pila} = \quad \mathbf{1.00}$$

$$\xi(\gamma) / \xi(\gamma=1) \text{ Spalla} = \quad \mathbf{0.98} \quad \approx 1 \quad \text{OK}$$

$$\xi(\gamma) / \xi(\gamma=1) \text{ Pila} = \quad \mathbf{0.99} \quad \approx 1 \quad \text{OK}$$

**Spettro di risposta**

**Elastico SLC**

$$S_e(\text{SLC}) = \quad \mathbf{0.168} \quad \text{g} \quad (\text{da spettro specifico di zona})$$

Le rigidezze vengono calcolate in modo iterativo:  $K_i =$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \cdot K_0$$

$$\text{Rigidezza App. Spalla} \quad \mathbf{2.41} \quad \text{kN/mm}$$

$$K_{i,S} =$$

$$\text{Rigidezza App. Pila} \quad \mathbf{1.65} \quad \text{kN/mm}$$

$$K_{i,P} =$$

$$\text{Rigidezza Totale} \quad \mathbf{48.72} \quad \text{kN/mm}$$

$$K_{TOT} =$$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{sis} = M \cdot S_e = \quad \quad \quad \mathbf{3476.98} \quad \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio Spalla

$$F_{sis,i,S} = F_{sis} \cdot (K_{i,S} / (K_{i,S} + K_{i,P})) : n_{app,S} = \quad \quad \quad \mathbf{171.99} \quad \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio Pila

$$F_{sis,i,P} = F_{sis} \cdot (K_{i,P} / (K_{i,S} + K_{i,P})) : n_{app,P} = \quad \quad \quad \mathbf{117.75} \quad \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forze sarà pari a

$$\Delta L_{sis} = F_{sis} / K_{TOT} = \quad \quad \quad \mathbf{71.37} \quad \quad \text{mm}$$

$$\gamma_{sis,S} = \Delta L_{sis} / t_{e,S} = \quad \quad \quad \mathbf{1.27}$$

$$\gamma_{sis,P} = \Delta L_{sis} / t_{e,P} = \quad \quad \quad \mathbf{1.19}$$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \text{ Spalla} = \quad \quad \quad \mathbf{1.00}$$

$$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) \text{ Pila} = \quad \quad \quad \mathbf{1.00}$$

$$\xi(\gamma) / \xi(\gamma=1) \text{ Spalla} = \quad \quad \quad \mathbf{0.97} \quad \quad \quad \approx 1 \quad \quad \text{OK}$$

$$\xi(\gamma) / \xi(\gamma=1) \text{ Pila} = \quad \quad \quad \mathbf{0.98} \quad \quad \quad \approx 1 \quad \quad \text{OK}$$

**6.5.1.7 AZIONE TERMICA**

Si sono considerati i seguenti dati:

T =	<b>20</b>	°C	Temperatura media
ΔT =	<b>30</b>	°C	Variazione termica;
T <sub>1</sub> = T + ΔT =	<b>50</b>	°C	Temperatura limite appoggio
c =	<b>0.959</b>		Incremento rigidezze per temperatura
α =	<b>1.20E-</b>		Coefficiente di dilatazione termica;
L <sub>s</sub> =	<b>05</b>	°C <sup>-1</sup>	
L <sub>s</sub> =	<b>42.00</b>	m	Luce di influenza spalla;
L <sub>P</sub> =	<b>14.00</b>	m	Luce di influenza pila;

Si calcolano quindi le variazioni di lunghezza dell'impalcato sulla spalla e sulla pila:

$$\Delta L_{Spalla} = 15.12 \quad \text{mm}$$

$$\Delta L_{Pila} = 5.04 \quad \text{mm}$$

Noti gli spostamenti in sommità degli appoggi si possono calcolare gli scorrimenti:

$$\gamma_{Spalla} = \Delta L_{Spalla} / t_{e,S} = 0.270$$

$$\gamma_{Pila} = \Delta L_{Pila} / t_{e,P} = 0.084$$

$$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) \text{ Spalla} = 1.50$$

$$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) \text{ Pila} = 2.41$$

$$G_S = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G = 2.10 \quad \text{N/mm}^2$$

$$G_P = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G = 3.37 \quad \text{N/mm}^2$$

Da cui si ricava la tensione tangenziale:

$$\tau_{Spalla} = c * G_S * \gamma_{Spalla} = 0.545 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{Pila} = c * G_P * \gamma_{Pila} = 0.272 \quad \text{N/mm}^2$$

E la forza orizzontale applicata ad ogni singolo appoggio:

$$H_{Spalla} = \tau_{Spalla} * A_{app,S} = 52.44 \quad \text{kN}$$

$$H_{Pila} = \tau_{Pila} * A_{app,P} = 19.21 \quad \text{kN}$$

## 6.5.2 AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA

### 6.5.2.1 PESO PROPRIO

Avendo effettuato l'implementazione con un modello di calcolo che schematizza gli elementi strutturali sia in termini di geometria, sia in termini di rigidezza, il peso proprio degli elementi costituenti la spalla è applicato in automatico dal programma di calcolo, assumendo come peso specifico dell'elemento calcestruzzo il valore:

$$\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^2$$

### 6.5.2.2 SPINTA DELLE TERRE

#### 6.5.2.2.1 Spinta Del Terreno Di Monte

Si prevede un riempimento con terreno di buona qualità, con strati drenanti a ridosso della spalla.

Si assumono quindi i parametri geotecnici indicati nella tabella riportata di seguito.

Il diagramma delle pressioni è triangolare con valore massimo alla base:

#### SPINTA DELLE TERRE

##### Spinta del terreno a monte

peso di volume	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	<b>19.00</b>
angolo di attrito M1	$\phi_{M1}$	$^\circ$	<b>35.00</b>

##### COMBINAZIONE M1

Coefficiente di spinta a riposo	$k_r = 1 - \text{sen } \phi =$		<b>0.426</b>
---------------------------------	--------------------------------	--	--------------

##### SPALLA

altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione	$H_{tot} =$	m	<b>9.30</b>
<b>A2.a)</b> pressione massima alla base	$p_1 =$	$\text{kN/m}^2$	<b>75.35</b>
spinta massima	$S_1 =$	$\text{kN/m}$	<b>-350.37</b>

agente alla quota da intradosso fondazione <i>RISVOLTO SX</i>	$h_1 =$	m	<b>3.100</b>
<b>A2.a)</b> altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione	$H_{tot} =$	m	<b>9.30</b>
pressione massima alla base	$p_1 =$	$\text{kN/m}^2$	<b>75.35</b>
spinta massima	$S_1 =$	$\text{kN/m}$	<b>-350.37</b>
agente alla quota da intradosso fondazione <i>RISVOLTO DX</i>	$h_1 =$	m	<b>3.100</b>
<b>A2.a)</b> altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione	$H_{tot} =$	m	<b>9.30</b>
pressione massima alla base	$p_1 =$	$\text{kN/m}^2$	<b>75.35</b>
spinta massima	$S_1 =$	$\text{kN/m}$	<b>-350.37</b>
agente alla quota da intradosso fondazione	$h_1 =$	m	<b>3.100</b>

#### 6.5.2.2.2 Spinta Relativa Del Sovraccarico Sul Terrapieno

Secondo quanto indicato nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 (Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008) § C5.1.3.3.7.1 (Carichi verticali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte), ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre parti del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità, i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,0 m e lunga 2,20 m. In un rilevato correttamente consolidato, si può assumere una diffusione del carico con angolo di 30°. Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e dei muri laterali, i carichi orizzontali da traffico sui rilevati o sui terrapieni possono essere considerati assenti.

Si è quindi assunto un carico uniforme medio individuato come somma dei carichi dello schema 1, diffusi con un angolo di 30° fino a metà altezza del fusto spalla, pensati applicati in sommità spalla

*Si considerano due condizioni di carico sul terrapieno*

sovraccarico concomitante con impalcato carico	$\text{kN/m}^2$	<b>9.00</b>
sovraccarico concomitante con impalcato scarico	$\text{kN/m}^2$	<b>20.00</b>

#### **COMBINAZIONE M1**

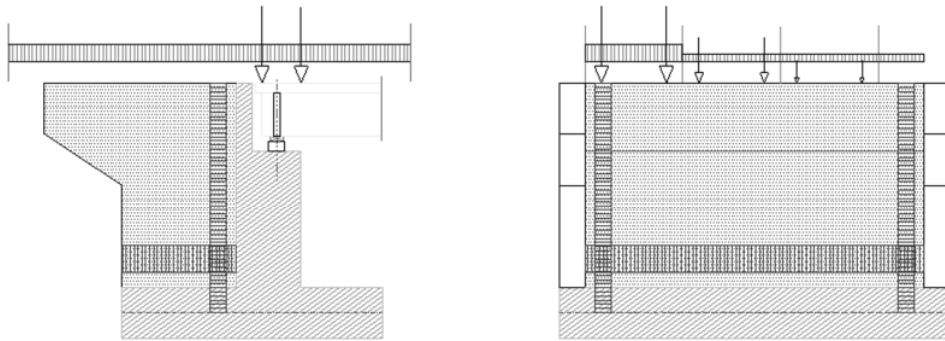
<b>D.a)</b> pressione concomitante con impalcato carico	$p_{2a} =$	$\text{kN/m}^2$	<b>3.84</b>
<b>E.a)</b> pressione concomitante con impalcato scarico	$p_{2b} =$	$\text{kN/m}^2$	<b>8.53</b>
Spinta concomitante con impalcato carico	$S_{2a} =$	kN	<b>-1229.58</b>
Spinta concomitante con impalcato scarico	$S_{2b} =$	kN	<b>-2732.39</b>
agente alla quota da intradosso fondazione	$h_1 =$	m	<b>4.65</b>

Il diagramma delle pressioni, considerando la spinta riposo, è rettangolare.

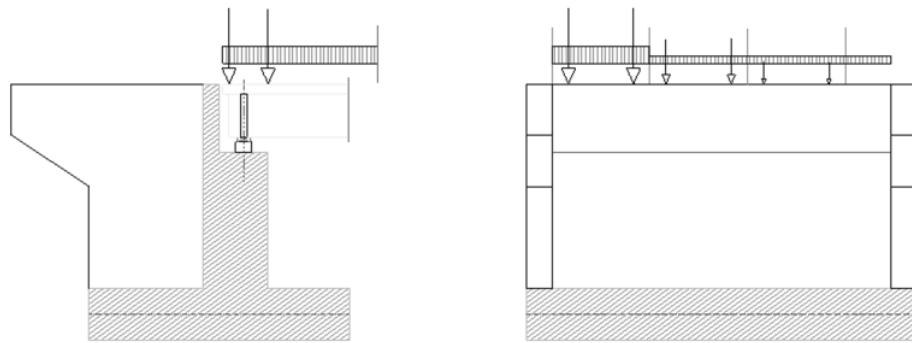
Si sono considerate le seguenti 4 combinazioni relative il sovraccarico (vedasi anche schema grafico):

- a Carichi rilevato ed impalcato contemporaneamente (strutt.+pavim.)
- b Carichi solo impalcato
- c Carichi solo rilevato + Permanenti portati (Impalcato: struttura+pavimentazione)
- d Assenza di impalcato

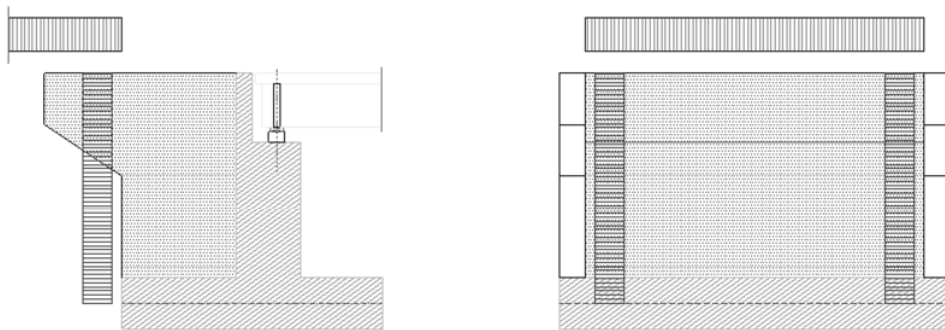
a) Carichi rilevato ed impalcato contemporaneamente (strutt.+pavim.)



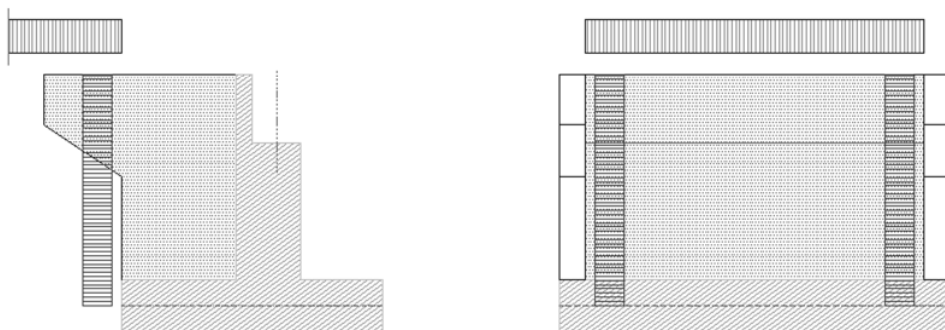
b) Carichi solo impalcato



c) Carichi solo rilevato + Permanenti portati (Impalcato: struttura+pavimentazione)



d) Assenza di impalcato



**6.5.2.2.3 Spinta Relativa Al Terreno Di Valle**

Prudenzialmente non si tiene conto del contributo alla stabilità offerto dalla spinta del terreno di valle.

**6.5.2.2.4 Carico Sulla Platea Fondazione**

	<i>SPALLA</i>			
	altezza totale della spalla	$H_{tot} =$	m	<b>9.30</b>
<b>A2.a-A2.b)</b>	pressione sulla fondazione - Terra	$p_t =$	kN/m <sup>2</sup>	<b>176.70</b>
<b>D.a-D.b)</b>	pressione sulla fondazione - Sovraccarico (a)	$p_Q =$	kN/m <sup>2</sup>	<b>9.00</b>
	<i>RISVOLTO SX</i>			
	altezza totale della spalla	$H_{tot} =$	m	<b>9.30</b>
<b>A2.a-A2.b)</b>	pressione sulla fondazione - Terra	$p_t =$	kN/m <sup>2</sup>	<b>176.70</b>
<b>D.a-D.b)</b>	pressione sulla fondazione - Sovraccarico (a)	$p_Q =$	kN/m <sup>2</sup>	<b>9.00</b>
	<i>RISVOLTO DX</i>			
	altezza totale della spalla	$H_{tot} =$	m	<b>9.30</b>
<b>A2.a-A2.b)</b>	pressione sulla fondazione - Terra	$p_t =$	kN/m <sup>2</sup>	<b>176.70</b>
<b>D.a-D.b)</b>	pressione sulla fondazione - Sovraccarico (a)	$p_Q =$	kN/m <sup>2</sup>	<b>9.00</b>

**6.5.2.3 AZIONE DEL VENTO**

L'azione del vento sulla spalla da inserire nel modello si ottiene dalla formula seguente

$$q_v = L \cdot p_v \cdot \xi_{str}$$

Dove:

Lunghezza spalla investita dal vento (m)	L	13.92
Pressione del vento (kN/m <sup>2</sup> )	$p_v =$	2.50
Coefficiente di afferenza azioni spalla	$\xi_{str} =$	1.00
Azione del vento sulla spalla (kN/m)	$q_v =$	34.80

**6.5.2.4 AZIONE SISMICA**

**6.5.2.4.1 Azioni Inerziali**

L'inerzia del complesso spalla e terreno imbarcato si articola con i seguenti contributi elementari:

- Paraghiaia
- Fusto
- Muri di risvolto
- Orecchie
- Fondazione

<b>M-N 1)</b>	coefficiente sismico orizzontale = $a_{max}/g \cdot \beta_m =$	$k_h =$		<b>0.300</b>
<b>O1)</b>	coefficiente sismico verticale = $0.5 k_h =$	$k_{v+-} =$	"+-"	<b>0.000</b>

**Inerzia terreno imbarcato**

*SPALLA*

<b>M1b)</b>	Pressione applicata sul fusto	$s_{IT} = \gamma \cdot B_{post} \cdot L_{post} \cdot k_h \cdot H / n$	kN/m <sup>2</sup>	<b>12.63</b>
	Momento in asse platea	$M_{ITI} = (\gamma \cdot B_{post} \cdot L_{post} \cdot k_h \cdot H)^2$	kNm/m	<b>53.06</b>

H/2) /n

*RISVOLTO SX*

**N1bsx** Pressione applicata sul risvolto  $s_{ri} = \gamma * B_{post} * L_{post} * k_h * H / n$  kN/m<sup>2</sup> **12.63**

Momento in asse platea

$M_{ri} = (\gamma * B_{post} * L_{post} * k_h * H * H/2) / n$  kNm/m **53.06**

*RISVOLTO DX*

**N1bdx** Pressione applicata sul risvolto  $s_{ri} = \gamma * B_{post} * L_{post} * k_h * H / n$  kN/m<sup>2</sup> **12.63**

Momento in asse platea

$M_{ri} = (\gamma * B_{post} * L_{post} * k_h * H * H/2) / n$  kNm/m **53.06**

6.5.2.4.2 Spinta Terre

Le spinte delle terre sono calcolate in regime di spinta attiva; per il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni così come riportato nel § 7.11.6.2.1 del D.M., la spinta totale di progetto  $E_d$  può essere calcolato come:

$$S_t = 1/2 * \gamma * h_{tot}^2 * k$$

dove il coefficiente di spinta del terreno è calcolato mediante la formula di Mononobe e Okabe.

Il punto di applicazione della spinta attiva è posto ad  $h_{tot} / 3$ , mentre quello di applicazione della sovraspinta dinamica ad  $h_{tot} / 2$ , con “ $h_{tot}$ ” altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

La spinta delle terre vale:

**Incremento di spinta del terreno**

coefficiente di spinta attiva (M1)  $k_a = \tan^2 (45^\circ - \phi/2) =$  **0.271**

**Spinta Terreno Sismico**

**SPALLA**

<b>A2.c)</b>	altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione	H <sub>tot</sub> =	m	<b>9.30</b>
	(M1) pressione sismica massima alla base	p <sub>1s</sub> (M1) =	kN/m <sup>2</sup>	<b>47.88</b>
	(M1) spinta totale	S <sub>1s</sub> (M1) =	kN/m	<b>222.66</b>
	agente alla quota da intradosso fondazione	h <sub>1s</sub> =	m	<b>3.100</b>

**RISVOLTO SX**

<b>A2.c)</b>	altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione	H <sub>tot</sub> =	m	<b>9.30</b>
	(M1) pressione sismica massima alla base	p <sub>1s</sub> (M1) =	kN/m <sup>2</sup>	<b>47.88</b>
	(M1) spinta totale	S <sub>1s</sub> (M1) =	kN/m	<b>222.66</b>
	agente alla quota da intradosso fondazione	h <sub>1s</sub> =	m	<b>3.100</b>

**RISVOLTO DX**

<b>A2.c)</b>	altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione	H <sub>tot</sub> =	m	<b>9.30</b>
	(M1) pressione sismica massima alla base	p <sub>1s</sub> (M1) =	kN/m <sup>2</sup>	<b>47.88</b>
	(M1) spinta totale	S <sub>1s</sub> (M1) =	kN/m	<b>222.66</b>
	agente alla quota da intradosso fondazione	h <sub>1s</sub> =	m	<b>3.100</b>

L'incremento sismico delle spinte dovute al terreno risulta:

**1) SPALLA**

*Approccio 1 - combinazione MI*

pd kN/m<sup>2</sup> **84.441**

	Ed =	kN/m	<b>392.648</b>
	H =	m	<b>9.30</b>
<b>M-N 2A.+)</b>	altezza muro+ 1/2 fondazione		
	incremento di spinta sismico	Dpd = pd - p1s =	kN/m <sup>2</sup> <b>18.278</b>

**2) RISVOLTO SX***Approccio 1 - combinazione MI*

	pd	kN/m <sup>2</sup>	<b>84.441</b>
	Ed =	kN/m	<b>392.648</b>
	H =	m	<b>9.30</b>
<b>M-N 2A.+)</b>	altezza risvolto sx+ 1/2 fondazione		
	incremento di spinta sismico	Dpd = pd - p1s =	kN/m <sup>2</sup> <b>18.278</b>

**3) RISVOLTO DX***Approccio 1 - combinazione MI*

	pd	kN/m <sup>2</sup>	<b>84.441</b>
	Ed =	kN/m	<b>392.648</b>
	H =	m	<b>9.30</b>
<b>M-N 2A.+)</b>	altezza risvolto sx+ 1/2 fondazione		
	incremento di spinta sismico	Dpd = pd - p1s =	kN/m <sup>2</sup> <b>18.278</b>



## 7 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI – FASE DI COSTRUZIONE FINALE

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1):  $E_d \leq R_d$

Presso-Flessione

Taglio

Verifiche allo Stato Limite Raro: si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  e quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ .

Verifiche allo Stato Limite di Fessurazione (condizioni di esercizio, combinazione “frequente” e “quasi permanente”).

Verifiche alle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1): si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  e quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$

Presso-Flessione

Taglio

## 7.1 PARAGHIAIA

Il calcolo delle sollecitazioni viene istituito con riferimento alla condizione di massimo sovraccarico sul rilevato che secondo quanto prescritto nelle "Istruzioni al DM 2008

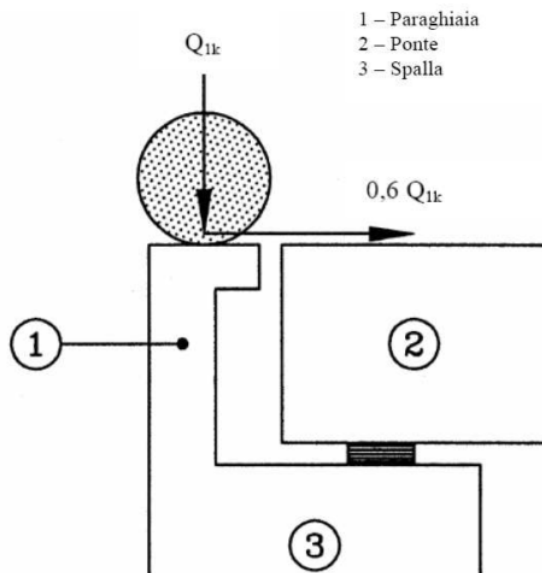
§ C5.1.3.3.7.1 Carichi verticali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte

"Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre parti del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità, i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,0 m e lunga 2,20 m. In un rilevato correttamente consolidato, si può assumere una diffusione del carico con angolo di 30°".

§ C5.1.3.3.7.2 Carichi orizzontali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte

"Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e dei muri laterali, i carichi orizzontali da traffico sui rilevati o sui terrapieni possono essere considerati assenti.

Per il calcolo dei muri paraghiaia si deve, invece, considerare un'azione orizzontale longitudinale di frenamento, applicata alla testa del muro paraghiaia (vedi Figura), di valore caratteristico pari al 60% del carico asse  $Q_{1k}$ . Pertanto, in ponti di 1ª categoria si considererà un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN, mentre in ponti di 2ª categoria si considererà un carico orizzontale di 144 kN, concomitante con un carico verticale di 240 kN".



### Carichi da traffico su muri paraghiaia

Si considera che agisca direttamente sul paraghiaia l'azione frenante di uno dei due carichi da 30 t costituenti il  $Q_{1k}$ , ripartita su una larghezza pari all'ingombro delle ruote del  $Q_{1k}$  aumentata della quantità derivante da una ripartizione a 45° sull'altezza del paraghiaia.

Si esamina la sezione d'incastro nella fondazione ed inoltre la sezione di incastro col risvolto, essendo questa in regime di tensoflessione.

### 7.1.1 NUMERAZIONE ELEMENTI PARAGHIAIA

581	6555	6547	6595	6599	6597	6593	6545	6601	6605	6603	6609	6611	6607	6613	6615	6619	6623	6621	6617	6625	6629	6631	6627	6547	6525	6533	6531
584	6554	654	6596	6600	6598	6594	6546	6602	6606	6604	6610	6612	6608	6614	6616	6620	6624	6622	6618	6626	6630	6632	6628	6548	6526	6534	6532
495	5327	516	5387	5393	5390	5384	5165	5396	5402	5398	5400	5411	5405	5414	5417	5423	5429	5426	5420	5432	5438	5441	5435	5168	5123	5135	5132
494	5325	516	5386	5392	5388	5382	5163	5395	5401	5397	5407	5409	5403	5413	5415	5422	5428	5424	5418	5431	5437	5439	5433	5166	5121	5134	5130
6527	6529	6523	6535	6559	6563	6561	6557	6565	6569	6571	6567	6537	6573	6577	6575	6581	6583	6579	6539	6587	6591	6589	6585	6541	6549	498	
6528	6530	6524	6532	6540	6564	6562	6558	6566	6570	6572	6568	6538	6574	6578	6576	6582	6584	6580	6540	6588	6592	6590	6586	6544	6550	499	
5124	5127	5120	5134	5333	5339	5336	5330	5342	5348	5351	5345	5153	5354	5360	5357	5366	5369	5363	5156	5375	5381	5378	5372	515	5318	492	
5125	5127	5119	5134	5332	5338	5334	5328	5341	5347	5349	5343	5151	5353	5359	5355	5365	5367	5361	5155	5374	5380	5376	5370	515	5317	489	

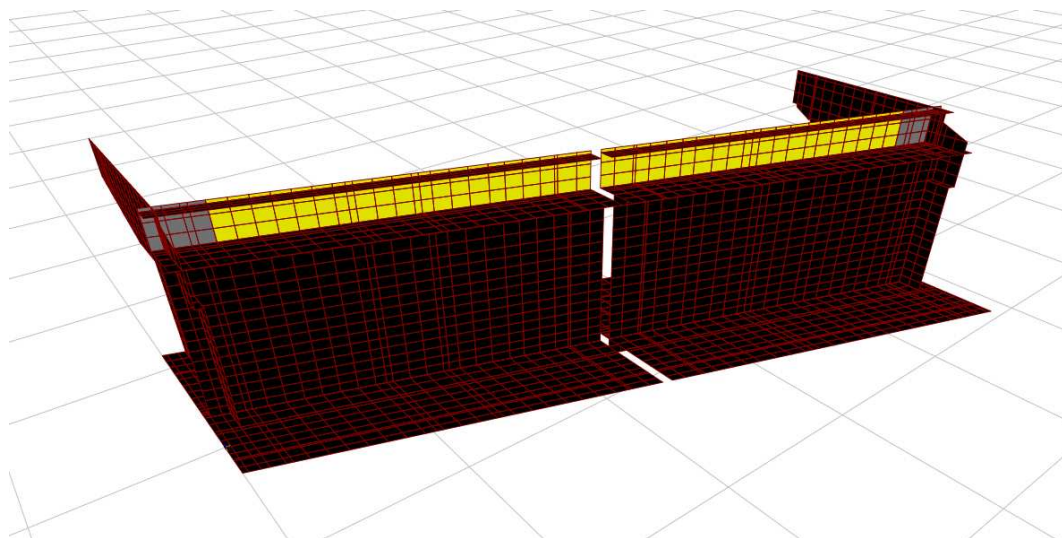


Nelle figure sopra il paraghiaia è stato suddiviso in due parti per meglio individuare la numerazione dei suoi elementi altrimenti non visibile. Superiormente si può osservare il lato dx mentre inferiormente il lato sx.

### 7.1.2 ARMATURA ADOTTATA PER LE VERIFICHE

Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

E' stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza degli spigoli tra i paraghiaia e la sommità dei risvolti. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in giallo le zone del paraghiaia dotate di armatura orizzontale base ed in grigio quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



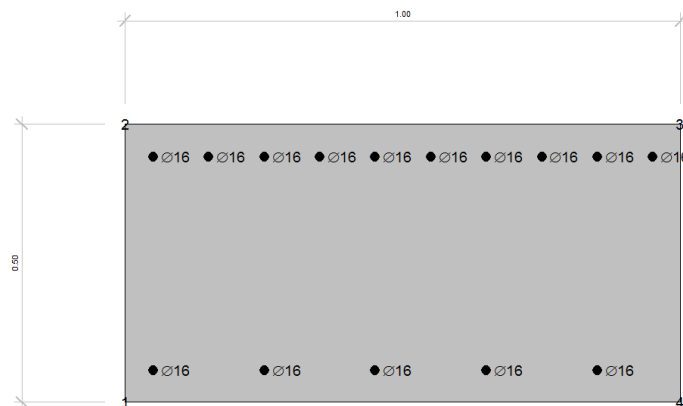
- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	50.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80



- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	50.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/10	= 20.10
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80



Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	50.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40



### 7.1.3 VERIFICHE PARAGHIAIA

#### 7.1.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-9510	-0.0035 (sez)	699	0.01 (arm)
Mx	-166	0.01 (arm)	167	0.01 (arm)
My	-380	0.01 (arm)	308	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.6632 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	313	0.00	0.00	25	0
2	1A)M1min - Elem.5338 - Comb: 16a-1A)Ila.1 V+A+ 2	134	0.00	0.00	-10	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.6632 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	362	0.00	0.00	-1	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.6563 - Comb: 3-1A)Ic.1 V-A+ 1	-108	0.00	0.00	1	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.8213	armatura
2	4.3660	armatura
3	1.9307	armatura
4	83.5152	sezione

##### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-9614	-0.0035 (sez)	794	0.01 (arm)
Mx	-167	0.01 (arm)	327	0.01 (arm)
My	-498	0.01 (arm)	460	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.6529 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	650	0.00	0.00	110	0
2	1A)M1min - Elem.5125 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	37	0.00	0.00	-44	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	750	0.00	0.00	95	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-829	0.00	0.00	-29	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.3102	armatura
2	3.2486	armatura
3	1.2775	armatura
4	10.5595	sezione

### 7.1.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-9632	-0.0035 (sez)	822	0.01 (arm)
Mx	-168	0.01 (arm)	314	0.01 (arm)
My	-500	0.01 (arm)	461	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 1	-29	0.00	0.00	10	0
2	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 2	-38	0.00	0.00	14	0
3	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 3	-28	0.00	0.00	1	0
4	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 4	-37	0.00	0.00	2	0
5	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 5	-94	0.00	0.00	136	0
6	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 6	-103	0.00	0.00	139	0
7	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 7	-78	0.00	0.00	179	0
8	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 8	-87	0.00	0.00	183	0
9	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 9	-78	0.00	0.00	30	0
10	SLU Persistenti/Transitorie combinazione 10	-87	0.00	0.00	33	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	59.8647	sezione
2	41.0423	sezione
3	285.9045	sezione
4	197.1370	sezione
5	2.6345	sezione
6	2.6038	sezione
7	1.9035	sezione
8	1.8762	sezione
9	18.6909	sezione
10	17.1232	sezione

### 7.1.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	227	0.00	0.00	18	0
2	97	0.00	0.00	-7	0
3	264	0.00	0.00	-1	0
4	-66	0.00	0.00	1	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	126	0.00	0.00	13	0
2	79	0.00	0.00	-5	0
3	170	0.00	0.00	1	0
4	-55	0.00	0.00	0	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	101	0.00	0.00	10	0
2	84	0.00	0.00	-4	0
3	137	0.00	0.00	1	0
4	-46	0.00	0.00	0	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2) M1max - Elem.6632 - Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	1.36	0.00	187.75	38.05
2	2) M1min - Elem.5338 - Comb: 8a-2) Ila.1 V+A+	0.74	0.00	78.44	18.05
3	2) F1max Traz. - Elem.6632 - Comb: 15b-2) Ild.1 V-A+	6.07	0.00	166.72	95.89
4	2) F1max Comp. - Elem.5367 - Comb: 9b-2) Ila.1 V-A+	-0.15	-0.10	-1.59	-2.14

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3) M1max - Elem.6632 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	0.17	0.00	110.57	14.33
2	3) M1min - Elem.5338 - Comb: 8a-3) Ila.1 A+	0.75	0.00	62.14	16.44
3	3) F1max Traz. - Elem.5439 - Comb: 11-3) Ild.1 A+	3.89	0.00	107.85	61.64
4	3) F1max Comp. - Elem.5367 - Comb: 8b-3) Ila.1 A+	-0.11	-0.10	-1.46	-1.63

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4) M1max - Elem.6632 - Comb: 2-4) Id.1 A+	0.10	0.00	89.28	11.05
2	4) M1min - Elem.5338 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	1.12	0.00	62.16	21.09
3	4) F1max Traz. - Elem.5439 - Comb: 2-4) Id.1 A+	3.09	0.00	87.21	49.05
4	4) F1max Comp. - Elem.5367 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.09	-0.08	-1.23	-1.34

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.6632 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cs,eff} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 31.86$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.6011 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000093 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 514.2536$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0480 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.5338 - Comb: 8a-3) Ila.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cs,eff} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 53.57$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.7034 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000157 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 572.8514$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0898$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.5439 - Comb: 11-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta tesa

Verifica a fessurazione

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 85.49$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9713 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000250 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 726.2830$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1817$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5367 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -1.61$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.6632 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 25.13$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5969 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000074 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 511.8375$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0376$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.5338 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31



$$A_{c,cs,eff} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 53.08$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.7639 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000155 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 607.4729$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0944 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.5439 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,cs,eff} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 68.22$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9625 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000200 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 721.2254$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1440 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5367 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,cs,eff} = 105833.71 \quad \rho_{eff} = 0.0095$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -1.33$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.2000)$$

### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	625	0.00	0.00	157	0
2	27	0.00	0.00	-32	0
3	800	0.00	0.00	107	0
4	-597	0.00	0.00	-21	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	290	0.00	0.00	65	0
2	-44	0.00	0.00	-23	0
3	510	0.00	0.00	72	0
4	-325	0.00	0.00	-13	0

**Sollecitazioni di progetto - q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	250	0.00	0.00	93	0
2	-37	0.00	0.00	-19	0
3	410	0.00	0.00	56	0
4	-244	0.00	0.00	-10	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max- Elem.6529 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-3.33	0.00	354.25	3.12
2	2)M1min- Elem.5125 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-1.58	0.00	94.65	-8.54
3	2)F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	5.14	0.00	348.62	110.86
4	2)F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-1.46	-0.71	-11.96	-20.65

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max- Elem.5127 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.19	0.00	155.07	4.83
2	3)M1min- Elem.5125 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	-1.04	0.00	36.01	-8.90
3	3)F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	2.53	0.00	226.25	61.66
4	3)F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-0.83	-0.35	-6.13	-11.60

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max- Elem.5127 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.57	0.00	178.83	-10.00
2	4)M1min- Elem.5125 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.86	0.00	29.44	-7.37
3	4)F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	2.40	0.00	179.90	54.05
4	4)F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.63	-0.26	-4.54	-8.77

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.5127 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=45.69 a x=500.00 y=44.39

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c,s,eff} = 164413.37 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

Tensione baricentrica = 154.84

Copriferro = 50.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000453$  Distanza fessure  $\Delta_s = 392.4214$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1778$  (<0.2000)

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.5125 - Comb: 11-3) Ild.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=362.49 a x=500.00 y=378.73

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 157252.95 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 35.28$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000103 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.4949$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0615 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

Sezione tutta tesa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 157252.95 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 68.13$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5845 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000199 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 667.4326$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1331 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

Sezione tutta compressa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 157252.95 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -6.19$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.5127 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 77.16 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 78.62$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2010.62$$

$$A_{c,ls,eff} = 164421.53 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 178.51$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000522$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.4325$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2050$  ( $>0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.5125 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 361.70$  a  $x = 500.00$   $y = 377.81$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157252.41$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 28.85

Copriferro = 50.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000084$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.4931$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0503$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157252.41$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 59.68

Copriferro = 50.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.6022$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000175$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 682.4267$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1192$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157252.41$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = -4.59

Copriferro = 50.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.2000$ )

### 7.1.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-25	0.00	0.00	10	0
2	-64	0.00	0.00	135	0
3	-25	0.00	0.00	10	0
4	-76	0.00	0.00	103	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-25	0.00	0.00	10	0
2	-64	0.00	0.00	30	0
3	-25	0.00	0.00	10	0
4	-64	0.00	0.00	30	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-25	0.00	0.00	10	0
2	-28	0.00	0.00	10	0
3	-25	0.00	0.00	10	0
4	-28	0.00	0.00	10	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	Mmax	-0.39	0.00	7.39	-3.55
2	Mmin	-5.17	0.00	161.64	-36.07
3	Nmax	-0.39	0.00	7.39	-3.55
4	Nmin	-3.97	0.00	116.83	-28.94

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	Mmax	-0.39	0.00	7.39	-3.55
2	Mmin	-1.17	0.00	24.50	-10.27
3	Nmax	-0.39	0.00	7.39	-3.55
4	Nmin	-1.17	0.00	24.50	-10.27

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	Mmax	-0.39	0.00	7.39	-3.55
2	Mmin	-0.39	0.00	6.78	-3.65
3	Nmax	-0.39	0.00	7.39	-3.55
4	Nmin	-0.39	0.00	6.78	-3.65

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

##### Combinazione frequente: Verifica a Mmax

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=185.67$  a  $x=500.00$   $y=190.10$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cs,eff} = 179254.20 \quad \rho_{eff} = 0.0112$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 7.33$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000021$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=466.9006$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0100$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione frequente: Verifica a Mmin**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=175.37$  a  $x=500.00$   $y=179.58$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c\text{ls,eff}} = 180560.09 \quad \rho_{\text{eff}} = 0.0111$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 24.32$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000071$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=468.6670$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0334$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione frequente: Verifica a Nmax**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=185.67$  a  $x=500.00$   $y=190.10$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c\text{ls,eff}} = 179254.20 \quad \rho_{\text{eff}} = 0.0112$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 7.33$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000021$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=466.9006$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0100$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione frequente: Verifica a Nmin**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=175.37$  a  $x=500.00$   $y=179.58$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c\text{ls,eff}} = 180560.09 \quad \rho_{\text{eff}} = 0.0111$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 24.32$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000071$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=468.6670$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0334$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: Verifica a Mmax**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=185.67$  a  $x=500.00$   $y=190.10$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 179254.20 \quad \rho_{eff} = 0.0112$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 7.33$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000021 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 466.9006$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0100 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: Verifica a Mmin**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 194.59 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 199.19$$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 176416.60 \quad \rho_{eff} = 0.0114$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 6.72$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000020 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 463.0620$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0091 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: Verifica a Nmax**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 185.67 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 190.10$$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 179254.20 \quad \rho_{eff} = 0.0112$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 7.33$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000021 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 466.9006$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0100 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: Verifica a Nmin**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 194.59 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 199.19$$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 176416.60 \quad \rho_{eff} = 0.0114$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 6.72$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000020$  Distanza fessure  $\Delta_s_{\text{max}} = 463.0620$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0091$  ( $< 0.2000$ )

### 7.1.3.5 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 1

#### Armatura base

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	328	0.00	0.00	25	0
2	-61	0.00	0.00	-9	0
3	368	0.00	0.00	1	0
4	-108	0.00	0.00	5	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{\text{max}}$	$\sigma_{\text{min}}$	$\sigma_{s \text{ max}}$	$\sigma_{s \text{ min}}$
1	5A) M1max - Elem.6632 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	2.12	0.00	269.19	56.66
2	5A) M1min - Elem.6557 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.34	0.00	1.45	-4.25
3	5A) F1max Traz. - Elem.6632 - Comb: 29-5A) d.1 M1 Y++	8.51	0.00	231.55	134.29
4	5A) F1max Comp. - Elem.5343 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.32	-0.08	-1.67	-4.42

#### Armatura aggiuntiva

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	242	0.00	0.00	171	0
2	31	0.00	0.00	-43	0
3	820	0.00	0.00	110	0
4	-770	0.00	0.00	-27	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{\text{max}}$	$\sigma_{\text{min}}$	$\sigma_{s \text{ max}}$	$\sigma_{s \text{ min}}$
1	5A) M1max - Elem.5127 - Comb: 17-5A) c.1 M1 Y+++	-5.47	0.00	274.04	-35.21
2	5A) M1min - Elem.5125 - Comb: 18-5A) c.1 M1 Y++	-2.11	0.00	124.39	-11.76
3	5A) F1max Traz. - Elem.6533 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	5.20	0.00	357.68	112.86
4	5A) F1max Comp. - Elem.6531 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-1.89	-0.92	-15.45	-26.62

### 7.1.3.6 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 2

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-29	0.00	0.00	27	0
2	-27	0.00	0.00	26	0
3	-27	0.00	0.00	-13	0
4	-24	0.00	0.00	-13	0

Tensioni massime nei materiali:



Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	Mmax	-1.05	0.00	28.49	-8.03
2	Mmin	-1.01	0.00	27.65	-7.69
3	Nmax	-0.63	0.00	20.39	-4.37
4	Nmin	-0.64	0.00	21.84	-4.24

### 7.1.3.7 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio è stata individuata in condizione statiche ed è pari a T=136.6 kN (combinazione Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2). Si riporta di seguito la verifica per elementi non armati a taglio.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione(in mm).

La verifica porge:

$V_{Ed}$	<b>136.60</b>	kN
$N_{Ed}$	0	kN
Rck	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	18.8	
$b_w$	1000	mm
h	500	mm
c	74	mm
d	426	mm
f	16	mm
n°	5	
$A_{sl}$	1005.31	mm <sup>2</sup>
$\rho_l$	0.002	
$\sigma_{cp}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
k	1.6852	
$v_{min}$	0.4412	
	171.10	kN
	187.94	kN
$V_{rd}$	<b>187.94</b>	kN
<b>SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO</b>		

## 7.2 FUSTO

### 7.2.1 NUMERAZIONE ELEMENTI FUSTO

Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

422	5191	517	5253	5266	5260	5251	5173	5241	5247	5245	5239	5233	5226	5235	5217	5223	5221	5215	5202	5208	5212	5206	5171	5112	5145	5143
428	5192	517	5255	5258	5261	5252	5174	5243	5249	5246	5240	5234	5228	523	5219	5225	5222	5216	5204	5210	5213	5207	517	5114	5147	5144
426	5190	517	5254	5257	5259	5250	5172	5242	5248	5245	5238	5232	5227	5225	5218	5224	5220	5214	5203	5209	5211	5205	5161	5113	5146	5142
400	4262	421	4461	4481	4482	4462	4202	4401	4421	4404	4442	4422	4341	4344	4371	4391	4372	4352	4301	4321	4322	4302	4181	5081	4174	4172
398	4263	421	4460	4480	4483	4463	4203	4400	4420	4403	4443	4423	4340	4341	4370	4390	4373	4353	4300	4320	4323	4303	4181	5080	4178	4174
396	4264	415	4459	4479	4484	4464	4204	4399	4419	4404	4444	4424	4339	4341	4369	4389	4374	4354	4299	4319	4324	4304	4181	5079	4169	4174
394	4265	415	4458	4478	4485	4465	4205	4398	4418	4405	4445	4425	4338	4341	4368	4388	4375	4355	4298	4318	4325	4305	4181	5078	4168	4175
392	4266	415	4457	4477	4486	4466	4206	4397	4417	4406	4446	4426	4337	4341	4367	4387	4376	4356	4297	4317	4326	4306	4181	5077	4167	4176
390	4267	415	4456	4476	4487	4467	4207	4396	4416	4407	4447	4427	4336	4341	4366	4386	4377	4357	4296	4316	4327	4307	4181	5076	4166	4177
386	4268	415	4455	4475	4488	4468	4208	4395	4415	4408	4448	4428	4335	4341	4365	4385	4378	4358	4295	4315	4328	4308	4181	5075	4165	4178
382	4269	415	4454	4474	4489	4469	4209	4394	4414	4409	4449	4429	4334	4341	4364	4384	4379	4359	4294	4314	4329	4309	4181	5074	4164	4179
380	4270	415	4453	4473	4490	4470	4210	4393	4413	4410	4450	4430	4333	4354	4363	4383	4380	4360	4293	4313	4330	4310	4191	5073	4163	4180
378	4271	415	4452	4472	4491	4471	4211	4392	4412	4411	4451	4431	4332	435	4362	4382	4381	4361	4292	4312	4331	4311	4191	5072	4162	4181

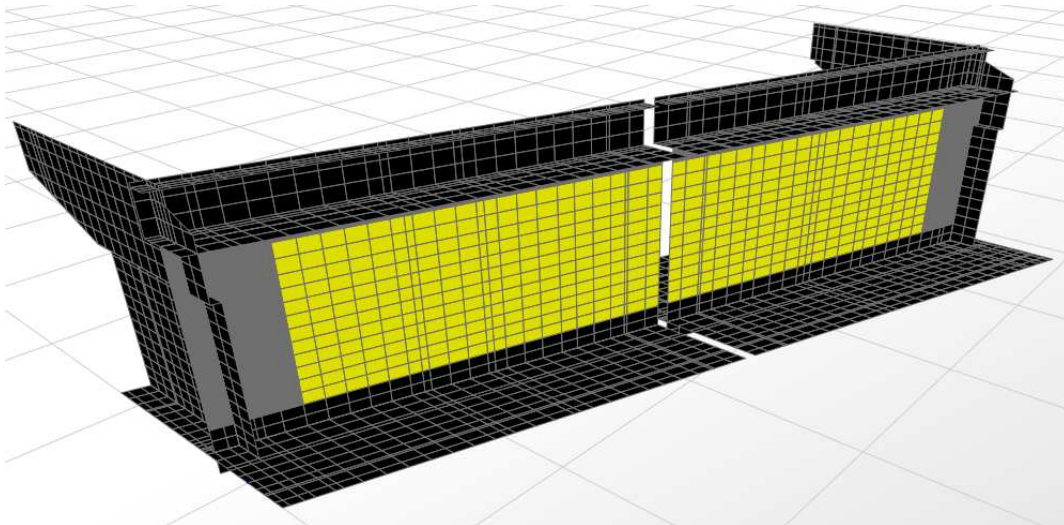
5139	5137	5115	518	5277	5283	5281	5275	5304	5310	5314	5308	5188	5295	5301	5295	5289	5293	5287	5181	5265	5268	5272	5263	517	5199	433
514	5138	5117	518	5279	5285	5282	5276	5306	5312	5315	5309	5189	5297	5303	5305	5291	5294	5288	5183	5267	5270	5273	5264	518	5201	435
5140	5136	5116	518	5278	5284	5280	5274	5305	5311	5313	5307	5187	5296	5302	5298	5290	5292	5286	5182	5266	5269	5271	5262	517	5200	430
415	4151	5091	424	4551	4571	4552	4532	4641	4661	4662	4642	4242	4581	4601	4582	4621	4622	4602	4221	4501	4521	4522	4502	422	4281	402
4150	4151	5090	424	4550	4570	4553	4533	4640	4660	4663	4643	4243	4580	4600	4583	4620	4623	4603	4220	4500	4520	4523	4503	422	4280	404
4149	4151	5089	423	4549	4569	4554	4534	4639	4659	4664	4644	4244	4579	4599	4584	4619	4624	4604	4219	4499	4519	4524	4504	422	4279	406
4148	4151	5088	423	4548	4568	4555	4535	4638	4658	4665	4645	4245	4578	4598	4585	4618	4625	4605	4218	4498	4518	4525	4505	422	4278	408
4147	4151	5087	423	4547	4567	4556	4536	4637	4657	4666	4646	4246	4577	4597	4586	4617	4626	4606	4217	4497	4517	4526	4506	422	4277	410
4146	4151	5086	423	4546	4566	4557	4537	4636	4656	4667	4647	4247	4576	4596	4587	4616	4627	4607	4216	4496	4516	4527	4507	422	4276	412
4145	4151	5085	423	4545	4565	4558	4538	4635	4655	4668	4648	4248	4575	4595	4588	4615	4628	4608	4215	4495	4515	4528	4508	422	4275	415
4144	4151	5084	423	4544	4564	4559	4539	4634	4654	4669	4649	4249	4574	4594	4589	4614	4629	4609	4214	4494	4514	4529	4509	422	4274	417
4143	4151	5083	423	4543	4563	4560	4540	4633	4653	4670	4650	4250	4573	4593	4590	4613	4630	4610	4213	4493	4513	4530	4510	422	4273	419
4142	416	5082	423	4542	4562	4561	4541	4632	4652	4671	4651	4251	4572	4592	4591	4612	4631	4611	4212	4492	4512	4531	4511	422	4272	421

Nelle figure sopra il fusto è stato suddiviso in due parti per meglio individuare la numerazione dei suoi elementi altrimenti non visibile. Superiormente si può osservare il lato dx mentre inferiormente il lato sx.

### 7.2.2 ARMATURA ADOTTATA PER IL FUSTO

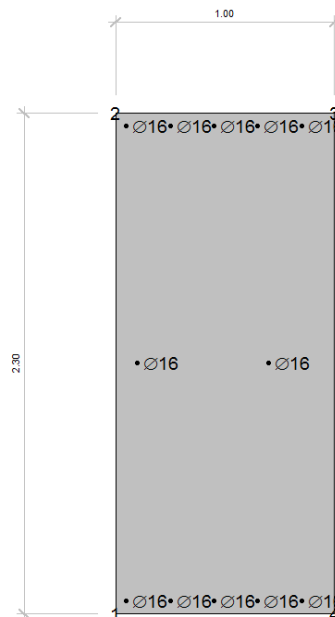
Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

E' stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza degli spigoli tra i fusti e i risvolti. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in giallo le zone del fusto dotate di armatura orizzontale base ed in grigio quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	230.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm) 4+1+0.8	5.80	
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm) 4+1+0.8	5.80	
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



- Armatura aggiuntiva

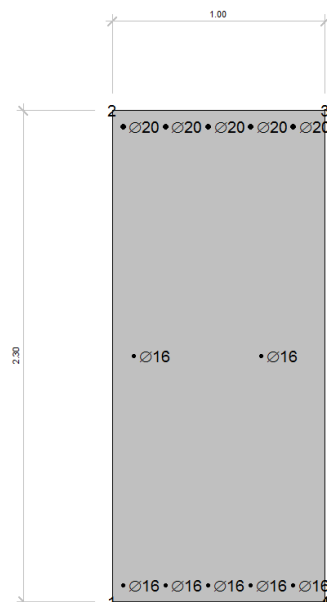
Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	230.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/10	= 20.10
Copriferro c (cm) 4+1+0.8	5.80	

Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	230.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/20	= 15.70
Copriferro c (cm)	4+1+1.6+1	7.60
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



### 7.2.3 VERIFICHE FUSTO

#### 7.2.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-41380	-0.0035 (sez)	818	0.01 (arm)
Mx	-1006	0.01 (arm)	1003	0.01 (arm)
My	-472	0.01 (arm)	365	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.4382 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-106	0.00	0.00	392	0
2	1A)M1min - Elem.5297 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-98	0.00	0.00	-155	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.5216 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	373	0.00	0.00	133	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.5270 - Comb: 22b-1A)Ilb.1 V-A+ 2	-313	0.00	0.00	-98	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.5607	armatura
2	18.9268	armatura
3	1.9049	armatura
4	94.3294	sezione

##### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-41477	-0.0035 (sez)	944	0.01 (arm)
Mx	-1006	0.01 (arm)	1838	0.01 (arm)
My	-620	0.01 (arm)	549	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.5090 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	291	0.00	0.00	791	0
2	1A)M1min - Elem.5175 - Comb: 16a-1A)Ilc.1 V+A+ 2	-748	0.00	0.00	-274	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.5208 - Comb: 18b-1A)Ilc.1 V+A+ 2	616	0.00	0.00	319	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 16a-1A)Ilc.1 V+A+ 2	-1160	0.00	0.00	389	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.6801	armatura
2	38.0648	sezione
3	1.9058	armatura
4	24.8839	sezione

#### 7.2.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-41480	-0.0035 (sez)	944	0.01 (arm)
Mx	-998	0.01 (arm)	1466	0.01 (arm)
My	-577	0.01 (arm)	451	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.4412 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-591	0.00	0.00	1652	0
2	1A)M2min - Elem.5142 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	-91	0.00	0.00	-221	0
3	1A)F2max Traz. - Elem.422 - Comb: 35a-1A)Ilb.2 V+A+ 1	543	0.00	0.00	161	0
4	1A)F2max Comp. - Elem.5191 - Comb: 20a-1A)Ilb.1 V+A+ 2	-1759	0.00	0.00	476	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.4117	armatura
2	7.8700	armatura
3	1.8694	armatura
4	17.5442	sezione

### 7.2.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-78	0.00	0.00	290	0
2	-69	0.00	0.00	-116	0
3	274	0.00	0.00	95	0
4	-230	0.00	0.00	-73	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-65	0.00	0.00	236	0
2	21	0.00	0.00	-91	0
3	215	0.00	0.00	72	0
4	-192	0.00	0.00	-66	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-61	0.00	0.00	207	0
2	8	0.00	0.00	-78	0
3	183	0.00	0.00	62	0
4	-134	0.00	0.00	-9	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	2)M1max - Elem.4382 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-1.12	0.00	91.16	-13.99
2	2)M1min - Elem.5297 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-0.39	0.00	21.30	-5.11
3	2)F1max Traz. - Elem.5216 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	2.17	0.00	189.82	38.94
4	2)F1max Comp. - Elem.5270 - Comb: 11b-2)Ilb.1 V-A+	-0.18	-0.02	-0.33	-2.62

Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	3)M1max - Elem.4382 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-0.91	0.00	73.03	-11.33
2	3)M1min - Elem.5303 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	-0.39	0.00	48.44	-4.40
3	3)F1max Traz. - Elem.5216 - Comb: 8b-3)Ila.1 A+	1.76	0.00	147.91	31.25
4	3)F1max Comp. - Elem.5270 - Comb: 9b-3)Ilb.1 A+	-0.15	-0.01	-0.21	-2.26

Verifiche alle tensioni – q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	4)M1max - Elem.4382 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.79	0.00	62.41	-9.91
2	4)M1min - Elem.5303 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.33	0.00	37.15	-3.81
3	4)F1max Traz. - Elem.5216 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	1.48	0.00	126.29	26.35
4	4)F1max Comp. - Elem.5243 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.07	-0.05	-0.71	-1.01

Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

**Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.4382 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=360.10$  a  $x=500.00$   $y=303.96$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 156475.66 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 72.18$$

$$\text{Copri ferro} = 50.09$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000211 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 593.6764$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1254 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.5303 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=2048.44$  a  $x=500.00$   $y=2149.36$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 147034.67 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 47.50$$

$$\text{Copri ferro} = 50.29$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000139 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 568.8237$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0791 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1 max Traz. - Elem.5216 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 147034.67 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 59.49$$

$$\text{Copri ferro} = 50.29$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.7504 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000174 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 768.0760$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1337 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1 max Comp. - Elem.5270 - Comb: 9b-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 147034.67 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

Tensione baricentrica = -0.22

Copriferro = 50.29

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.4382 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 366.10$  a  $x = 500.00$   $y = 311.41$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 156645.56$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 61.70

Copriferro = 50.09

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000181$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 594.1202$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1073$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.5303 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 2027.75$  a  $x = 500.00$   $y = 2115.76$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 150139.85$   $\rho_{eff} = 0.0067$

Tensione baricentrica = 36.51

Copriferro = 50.22

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000107$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 576.9857$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0616$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.5216 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 150139.85$   $\rho_{eff} = 0.0067$

Tensione baricentrica = 50.44

Copriferro = 50.22

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.7446$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$



Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000148$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 775.6784$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1145$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5243 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 150139.85$   $\rho_{eff} = 0.0067$

Tensione baricentrica = -0.72

Copriferro = 50.22

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

#### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	213	0.00	0.00	585	0
2	-552	0.00	0.00	-203	0
3	454	0.00	0.00	233	0
4	-850	0.00	0.00	285	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	178	0.00	0.00	456	0
2	-462	0.00	0.00	-158	0
3	240	0.00	0.00	191	0
4	-662	0.00	0.00	238	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	159	0.00	0.00	389	0
2	-219	0.00	0.00	-125	0
3	290	0.00	0.00	168	0
4	-476	0.00	0.00	224	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max- Elem.5090 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-2.56	0.00	348.59	-27.88
2	2)M1min- Elem.5175 - Comb: 8a-2)Ila.1 V+A+	-0.46	-0.01	-0.36	-6.72
3	2)F1max Traz. - Elem.5208 - Comb: 9b-2)Ila.1 V-A+	1.14	0.00	349.04	29.50
4	2)F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 8a-2)Ila.1 V+A+	-0.68	-0.05	-0.98	-9.93

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max- Elem.5090 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.11	0.00	142.70	-12.54
2	3)M1min- Elem.5175 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	-0.36	-0.03	-0.55	-5.31
3	3)F1max Traz. - Elem.5208 - Comb: 8b-3)Ila.1 A+	0.89	0.00	102.75	15.96
4	3)F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	-0.55	-0.02	-0.51	-7.98

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{a,max}$	$\sigma_{a,min}$
1	4) M1max - Elem.5090 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.94	0.00	123.39	-10.54
2	4) M1min - Elem.5299 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.24	0.00	0.86	-3.42
3	4) F1max Traz. - Elem.5208 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	2.81	0.00	111.84	44.42
4	4) F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.45	0.00	0.57	-6.62

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.5090 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=236.70$  a  $x=500.00$   $y=218.29$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c,s,eff} = 165266.03 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 142.11$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000416 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 393.6081$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1637 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.5175 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c,s,eff} = 165266.03 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -5.31$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.5208 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c,s,eff} = 165266.03 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 97.83$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5948 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000286 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 436.0095$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1248$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c,s,eff} = 165266.03 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.53$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.5090 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=232.11$  a  $x=500.00$   $y=213.09$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c,s,eff} = 165296.38 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 122.87$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000360$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 393.6514$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1416$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.5299 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=495.87$  a  $x=500.00$   $y=495.45$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,s,eff} = 157174.96 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 0.86$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000003$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.2579$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0015$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.5208 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,s,eff} = 157174.96 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

Tensione baricentrica = 53.50

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.7507$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000157$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 808.4667$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1266$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 2066.26$  a  $x = 500.00$   $y = 2077.99$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 137477.19$   $\rho_{eff} = 0.0146$

Tensione baricentrica = 0.56

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000002$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 355.9950$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0006$  ( $< 0.2000$ )

### 7.2.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-434	0.00	0.00	1229	0
2	-67	0.00	0.00	-162	0
3	392	0.00	0.00	118	0
4	-1289	0.00	0.00	349	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-961	0.00	0.00	1007	0
2	-63	0.00	0.00	-126	0
3	23	0.00	0.00	93	0
4	-1030	0.00	0.00	268	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-811	0.00	0.00	881	0
2	-58	0.00	0.00	-113	0
3	166	0.00	0.00	54	0
4	-827	0.00	0.00	573	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max - Elem.4412 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-3.91	0.00	233.06	-48.57
2	2)M2min - Elem.5142 - Comb: 15b-2)Ild.1 V-A+	-0.59	0.00	41.16	-7.05
3	2)F2max Traz. - Elem.422 - Comb: 18a-2)Ilb.2 V+A+	4.89	0.00	180.37	78.95
4	2)F2max Comp. - Elem.5191 - Comb: 10a-2)Ilb.1 V+A+	-0.94	-0.16	-2.84	-13.69

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max - Elem.378 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-2.38	0.00	55.64	-32.52
2	3)M2min - Elem.4172 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-0.44	0.00	27.54	-5.37
3	3)F2max Traz. - Elem.422 - Comb: 9a-3)Ilb.1 A+	-0.33	0.00	33.81	-3.58
4	3)F2max Comp. - Elem.5175 - Comb: 9a-3)Ilb.1 A+	-0.74	-0.14	-2.43	-10.77

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max - Elem.378 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.12	0.00	53.31	-28.92
2	4)M2min - Elem.4172 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.39	0.00	24.10	-4.80
3	4)F2max Traz. - Elem.422 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	1.94	0.00	77.56	31.58
4	4)F2max Comp. - Elem.4361 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.12	0.00	8.50	-15.88

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

##### Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.378 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=873.73$  a  $x=500.00$   $y=858.26$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 205790.85 \quad \rho_{eff} = 0.0076$$

Tensione baricentrica = 55.39

Copriferro = 66.01

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000162$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 669.8667$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1086$  ( $< 0.2000$ )

##### Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.4172 - Comb: 11-3) IId.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1866.69$  a  $x=500.00$   $y=1903.39$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 174587.35 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

Tensione baricentrica = 27.32

Copriferro = 68.05

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000080$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 703.7434$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0563$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.422 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=296.51$  a  $x=500.00$   $y=179.30$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 199903.02 \quad \rho_{eff} = 0.0079$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 33.02$$

$$\text{Copriferro} = 66.52$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000097 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 658.8602$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0637 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.5175 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 199903.02 \quad \rho_{eff} = 0.0079$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -2.62$$

$$\text{Copriferro} = 66.52$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000008 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 658.8602$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.378 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=837.25$  a  $x=500.00$   $y=819.81$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 205843.06 \quad \rho_{eff} = 0.0076$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 53.05$$

$$\text{Copriferro} = 66.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000155 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 669.9881$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1040 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.4172 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1860.67$  a  $x=500.00$   $y=1896.43$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 174583.36 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

Tensione baricentrica = 23.91

Copriferro = 68.05

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000070$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 703.7239$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0493$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.422 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 174583.36$   $\rho_{eff} = 0.0058$

Tensione baricentrica = 48.86

Copriferro = 68.05

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.8930$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000143$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 1075.0190$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1537$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.4361 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1474.21$  a  $x = 500.00$   $y = 1477.13$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 205440.15$   $\rho_{eff} = 0.0076$

Tensione baricentrica = 8.49

Copriferro = 66.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000025$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 669.0778$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0166$  ( $< 0.2000$ )

**7.2.3.5 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 1**

Armatura base

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-95	0.00	0.00	412	0
2	-34	0.00	0.00	-204	0
3	427	0.00	0.00	192	0
4	-294	0.00	0.00	10	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{e max}$	$\sigma_{e min}$
1	5A)M1max- Elem.4382 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-1.61	0.00	135.94	-19.96
2	5A)M1min- Elem.5315 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.81	0.00	72.67	-9.94
3	5A)F1maxTraz. - Elem.5216 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	1.94	0.00	316.04	40.06
4	5A)F1maxComp. - Elem.5294 - Comb: 20-5A) c.1 M1 Y+-	-0.14	-0.11	-1.72	-2.05

#### Armatura aggiuntiva

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	361	0.00	0.00	667	0
2	-235	0.00	0.00	-282	0
3	584	0.00	0.00	362	0
4	-760	0.00	0.00	264	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{e max}$	$\sigma_{e min}$
1	5A)M1max- Elem.5090 - Comb: 21-5A) d.1 M1 Y+++	-1.50	0.00	232.24	-15.80
2	5A)M1min- Elem.5308 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.77	0.00	27.80	-10.50
3	5A)F1maxTraz. - Elem.5208 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	5.00	0.00	229.87	79.98
4	5A)F1maxComp. - Elem.5145 - Comb: 30-5A) d.1 M1 Y+-	-0.62	-0.03	-0.72	-9.02

### 7.2.3.6 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 2

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1119	0.00	0.00	2082	0
2	-1164	0.00	0.00	-882	0
3	357	0.00	0.00	-24	0
4	-1464	0.00	0.00	-206	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{e max}$	$\sigma_{e min}$
1	5A)M2max- Elem.378 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-6.19	0.00	294.70	-79.39
2	5A)M2min- Elem.421 - Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	-1.77	0.00	18.91	-24.92
3	5A)F2maxTraz. - Elem.5141 - Comb: 18-5A) c.1 M1 Y++	3.36	0.00	197.59	57.19
4	5A)F2maxComp. - Elem.421 - Comb: 18-5A) c.1 M1 Y++	-0.85	-0.40	-6.25	-12.45

### 7.2.3.7 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio per il fusto è stata individuata in condizione sismiche ed è pari a  $T=517.4$  kN (Comb: 2-5A) c.1 M1 X++).

Si riporta di seguito la verifica per elementi non armati a taglio.



La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

$V_{Ed}$	<b>517.40</b>	kN
$N_{Ed}$	0	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	18.8	
$b_w$	1000	mm
$h$	2300	mm
$c$	76	mm
$d$	2224	mm
$f$	16	mm
$n^\circ$	5	
$A_{sl}$	1004.80	mm <sup>2</sup>
$\rho_l$	0.000	
$\sigma_{cp}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
$k$	1.2999	
$v_{min}$	0.2989	
	397.11	kN
	664.70	kN
$V_{rd}$	<b>664.70</b>	kN
<b>SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO</b>		

### 7.3 MURI DI RISVOLTO – PORZIONE INFERIORE

#### 7.3.1 NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE INFERIORE

Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

5092	5071	1527272	196	195	4842	4841	4841	4762	4782	2608	260	4801	4781	4761
5093	5070	15927272	194	193	4843	4840	4840	4763	4783	2618	260	4800	4780	4760
5094	5069	16127272	192	191	4844	4839	4839	4764	4784	2612	261	4799	4779	4759
5095	5068	16327272	190	189	4845	4838	4838	4765	4785	2614	261	4798	4778	4758
5096	5067	16527272	188	187	4846	4837	4837	4766	4786	2616	261	4797	4777	4757
5097	5066	16727272	186	185	4847	4836	4836	4767	4787	2618	261	4796	4776	4756
5098	5065	16927272	184	183	4848	4835	4835	4768	4788	2620	261	4795	4775	4755
5099	5064	17127272	182	181	4849	4834	4834	4769	4789	2622	262	4794	4774	4754
5100	5063	17327272	180	179	4850	4833	4833	4770	4790	2624	262	4793	4773	4753
5101	5062	17527272	178	177	4851	4832	4832	4771	4791	2626	262	4792	4772	4752

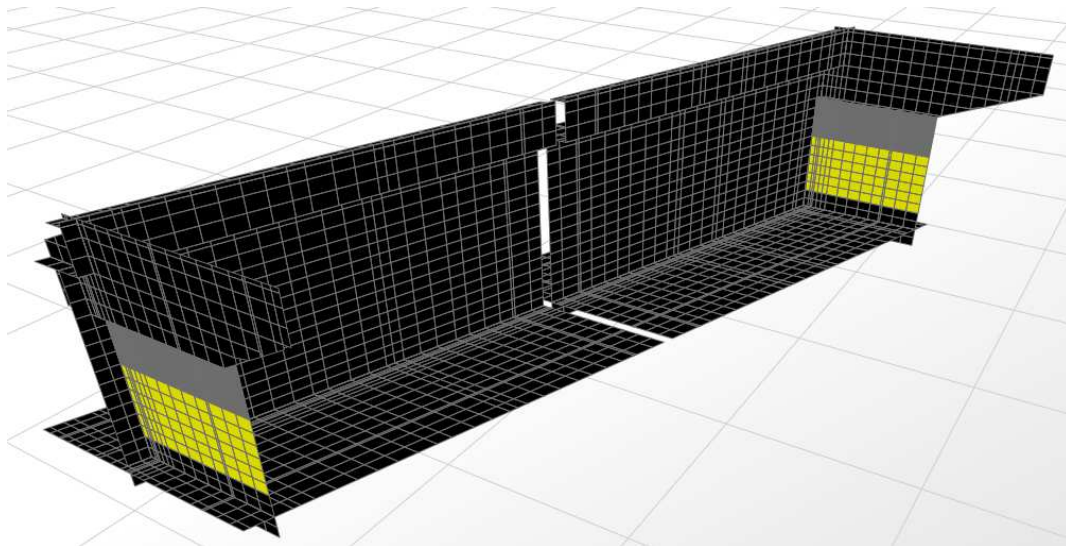
4951	4971	5001	190	2489	4972	4952	5031	5051	5032	237	238	5252	497	5061	5102
4950	4970	5000	192	2491	4973	4953	5030	5050	5033	235	236	5282	499	5060	5103
4949	4969	4999	194	2493	4974	4954	5029	5049	5034	233	234	5302	501	5059	5104
4948	4968	4998	196	2495	4975	4955	5028	5048	5035	230	232	5332	503	5058	5105
4947	4967	4997	198	2497	4976	4956	5027	5047	5036	228	229	5352	505	5057	5106
4946	4966	4996	200	2499	4977	4957	5026	5046	5037	226	227	5382	507	5056	5107
4945	4965	4995	202	2501	4978	4958	5025	5045	5038	224	225	5402	509	5055	5108
4944	4964	4994	204	2503	4979	4959	5024	5044	5039	222	223	5432	511	5054	5109
4943	4963	4993	206	2505	4980	4960	5023	5043	5040	220	221	5462	513	5053	5110
4942	4962	4992	208	2507	4981	4961	5022	5042	5041	218	219	5492	515	5052	5111

Superiormente si può osservare la porzione inferiore del risvolto destro mentre inferiormente quella del risvolto sinistro.

### 7.3.2 ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE INFERIORE DEI RISVOLTI

Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

Nella parte superiore dei risvolti di spessore 140 cm è stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza degli spigoli tra i risvolti e i fusti. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in giallo le zone dotate di armatura orizzontale base ed in grigio quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



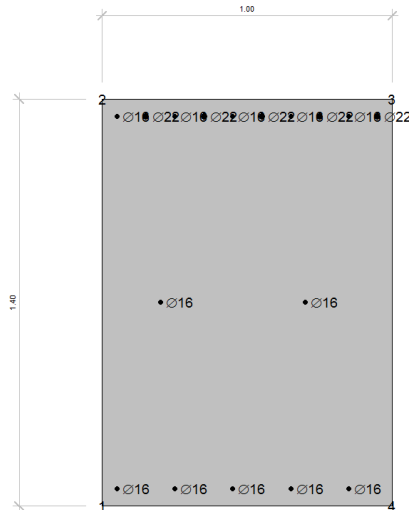
- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	140.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



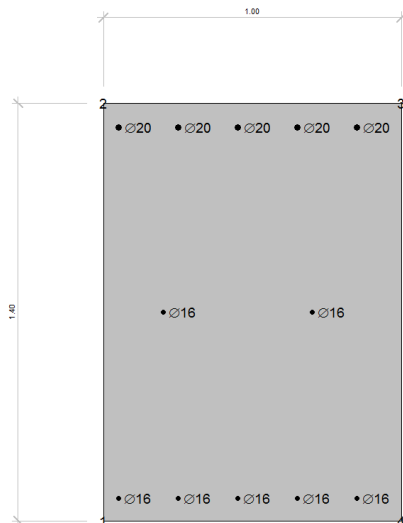
- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	140.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20+1Φ22/20	= 29.05
Copriferro c (cm)	4+1+1.1	6.10
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	140.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/20	= 15.70
Copriferro c (cm)	4+1+2.2+1	8.20
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



### 7.3.3 VERIFICHE PORZIONE INFERIORE RISVOLTO

#### 7.3.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25523	-0.0035 (sez)	839	0.01 (arm)
Mx	-601	0.01 (arm)	600	0.01 (arm)
My	-463	0.01 (arm)	372	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.205 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	4	0.00	0.00	430	0
2	1A) M1min - Elem.4997 - Comb: 30-1A) Ild.1 V-A+ 2	24	0.00	0.00	-39	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 50a-1A) IIIa.1 V+A+F- 2	204	0.00	0.00	46	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.5062 - Comb: 18b-1A) IIa.1 V-A+ 2	-470	0.00	0.00	-7	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.3876	armatura
2	11.0803	armatura
3	3.4247	armatura
4	53.1859	sezione

##### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25599	-0.0035 (sez)	946	0.01 (arm)
Mx	-601	0.01 (arm)	1543	0.01 (arm)
My	-711	0.01 (arm)	683	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.197 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	600	0.00	0.00	800	0
2	1A) M1min - Elem.4761 - Comb: 30-1A) Ild.1 V-A+ 2	48	0.00	0.00	-224	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 42-1A) Ilc.2 V-A+ 2	540	0.00	0.00	650	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.5071 - Comb: 34b-1A) IIa.2 V-A+ 2	-139	0.00	0.00	34	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.3092	armatura
2	2.3567	armatura
3	1.5574	armatura
4	119.2323	sezione

#### 7.3.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25623	-0.0035 (sez)	949	0.01 (arm)
Mx	-595	0.01 (arm)	868	0.01 (arm)
My	-569	0.01 (arm)	457	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.4752 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-72	0.00	0.00	708	0
2	1A)M2min - Elem.4761 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	-443	0.00	0.00	-164	0
3	1A)F2maxTraz. - Elem.4942 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	350	0.00	0.00	322	0
4	1A)F2maxComp. - Elem.5101 - Comb: 18b-1A)Ila.1 V-A+ 2	-2287	0.00	0.00	70	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.3101	armatura
2	28.9988	sezione
3	1.6012	armatura
4	10.6082	sezione

### 7.3.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	3	0.00	0.00	270	0
2	18	0.00	0.00	-28	0
3	151	0.00	0.00	33	0
4	-348	0.00	0.00	-5	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-65	0.00	0.00	180	0
2	9	0.00	0.00	-24	0
3	140	0.00	0.00	28	0
4	-299	0.00	0.00	-5	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-55	0.00	0.00	165	0
2	13	0.00	0.00	-22	0
3	137	0.00	0.00	23	0
4	-262	0.00	0.00	-4	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	2)M1max - Elem.205 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-4.07	0.00	332.37	-43.90
2	2)M1min - Elem.4997 - Comb: 15b-2)Ild.1 V-A+	-0.26	0.00	28.59	-2.46
3	2)F1maxTraz. - Elem.2508 - Comb: 25a-2)Illa.1 V+A+F-	1.10	0.00	104.39	20.78
4	2)F1maxComp. - Elem.5062 - Comb: 9b-2)Ila.1 V-A+	-0.26	-0.23	-3.41	-3.85

Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	3)M1max - Elem.205 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.54	0.00	102.64	-17.67
2	3)M1min - Elem.4967 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	-0.22	0.00	21.53	-2.21
3	3)F1maxTraz. - Elem.2508 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	1.16	0.00	94.77	21.28
4	3)F1maxComp. - Elem.5062 - Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-0.22	-0.19	-2.90	-3.34

Verifiche alle tensioni – q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	4)M1max - Elem.205 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.42	0.00	96.04	-16.19
2	4)M1min - Elem.4997 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.20	0.00	21.93	-1.95
3	4)F1maxTraz. - Elem.2508 - Comb: 2-4)Id.1 A+	1.39	0.00	89.33	24.23
4	4)F1maxComp. - Elem.5062 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.20	-0.17	-2.56	-2.91

Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

**Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.205 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=252.87$  a  $x=500.00$   $y=215.20$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157330.42 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 101.26$$

$$\text{Copri ferro} = 50.04$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000296 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.8184$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1766 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.4967 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1214.41$  a  $x=500.00$   $y=1277.20$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 155703.27 \quad \rho_{eff} = 0.0065$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 21.08$$

$$\text{Copri ferro} = 50.11$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000062 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 591.6644$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0365 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 155703.27 \quad \rho_{eff} = 0.0065$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 38.17$$

$$\text{Copri ferro} = 50.11$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.7176 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000112 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 774.9821$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0866 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5062 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 155703.27 \quad \rho_{eff} = 0.0065$$

Tensione baricentrica = -2.92

Copriferro = 50.11

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.205 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Armatore efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157332.80$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 94.73

Copriferro = 50.04

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000277$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.8310$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1652$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.4997 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1228.68$  a  $x = 500.00$   $y = 1300.93$

Armatore efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 153771.91$   $\rho_{eff} = 0.0065$

Tensione baricentrica = 21.42

Copriferro = 50.15

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000063$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 586.5645$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0368$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armatore efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 153771.91$   $\rho_{eff} = 0.0065$

Tensione baricentrica = 40.73

Copriferro = 50.15

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.7551$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$



Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000119$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max}=798.8650$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0952$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5062 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 153771.91$   $\rho_{eff} = 0.0065$

Tensione baricentrica = -2.58

Copriferro = 50.15

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

#### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	520	0.00	0.00	650	0
2	35	0.00	0.00	-164	0
3	825	0.00	0.00	764	0
4	-102	0.00	0.00	24	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	330	0.00	0.00	390	0
2	1	0.00	0.00	-111	0
3	390	0.00	0.00	360	0
4	-80	0.00	0.00	22	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	320	0.00	0.00	410	0
2	-13	0.00	0.00	-89	0
3	345	0.00	0.00	380	0
4	-56	0.00	0.00	14	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.197 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-2.94	0.00	260.10	-30.13
2	2)M1min - Elem.4761 - Comb: 15b-2)Ild.1 V+A+	-1.39	0.00	134.86	-13.69
3	2)F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 21b-2)Ilc.2 V-A+	-3.05	0.00	341.45	-27.78
4	2)F1max Comp. - Elem.5071 - Comb: 17b-2)Ila.2 V-A+	-0.14	0.00	-0.10	-2.03

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.197 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.74	0.00	159.04	-17.50
2	3)M1min - Elem.4761 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	-0.93	0.00	81.03	-9.54
3	3)F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.44	0.00	161.10	-13.04
4	3)F1max Comp. - Elem.5071 - Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-0.12	0.00	0.06	-1.73

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4) M1max - Elem.197 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-1.87	0.00	162.75	-19.25
2	4) M1min - Elem.4761 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-0.73	0.00	58.82	-7.78
3	4) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-1.65	0.00	158.86	-16.26
4	4) F1max Comp. - Elem.5071 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.08	0.00	-0.02	-1.15

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.197 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=157.34$  a  $x=500.00$   $y=193.21$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cls,eff} = 208495.08 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 156.79$$

$$\text{Copriferro} = 50.04$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000459 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 407.6540$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1871 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.4761 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1196.47$  a  $x=500.00$   $y=1252.61$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156475.48 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 79.49$$

$$\text{Copriferro} = 50.09$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000233 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 593.6759$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1381 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=121.56$  a  $x=500.00$   $y=162.50$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cls,eff} = 208684.06 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 158.58$$

$$\text{Copriferro} = 50.05$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000464$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=407.9097$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1893$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5071 - Comb: 8b-3) Ila.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1296.12$  a  $x=500.00$   $y=1306.18$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cls,eff} = 96971.38 \quad \rho_{eff} = 0.0300$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 0.05$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000000$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=280.4817$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.197 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=166.94$  a  $x=500.00$   $y=201.67$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cls,eff} = 208452.12 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 160.50$$

$$\text{Copriferro} = 50.04$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000470$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=407.5967$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1915$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.4761 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1181.89$  a  $x=500.00$   $y=1234.08$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156935.97 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 57.77$$

$$\text{Copriferro} = 50.08$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000169$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=594.8797$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1006$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=148.23$  a  $x=500.00$   $y=185.26$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cs,eff} = 208538.61 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 156.56$$

$$\text{Copriferro} = 50.04$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000458 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 407.7123$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1868 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5071 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1363.06 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1372.87$$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cs,eff} = 74623.62 \quad \rho_{eff} = 0.0389$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.03$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000000 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 255.0223$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.2000)$$

### 7.3.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-52	0.00	0.00	521	0
2	-324	0.00	0.00	-119	0
3	263	0.00	0.00	242	0
4	-1690	0.00	0.00	52	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-140	0.00	0.00	270	0
2	-337	0.00	0.00	-82	0
3	15	0.00	0.00	190	0
4	-1443	0.00	0.00	42	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-120	0.00	0.00	255	0
2	-364	0.00	0.00	-67	0
3	2	0.00	0.00	179	0
4	-1239	0.00	0.00	35	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max - Elem.4752 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-3.96	0.00	243.32	-42.38
2	2)M2min - Elem.4761 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-0.60	0.00	2.46	-8.30
3	2)F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-1.86	0.00	202.39	-14.95
4	2)F2max Comp. - Elem.5101 - Comb: 9b-2)Ila.1 V-A+	-1.35	-0.99	-15.22	-19.91

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max - Elem.4752 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.96	0.00	93.99	-22.49
2	3)M2min - Elem.4761 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-0.47	0.00	-0.33	-6.58
3	3)F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.46	0.00	98.74	-15.12
4	3)F2max Comp. - Elem.5101 - Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-1.14	-0.86	-13.08	-16.90

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max - Elem.4752 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.86	0.00	92.13	-21.22
2	4)M2min - Elem.4761 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.44	-0.06	-1.20	-6.29
3	4)F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.37	0.00	89.41	-14.37
4	4)F2max Comp. - Elem.5101 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.98	-0.74	-11.27	-14.47

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.4752 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=322.30 a x=500.00 y=282.55

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 212328.89 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 92.54$$

$$\text{Copriferro} = 72.06$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000271 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 704.6076$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1908 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.4761 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=8.01 a x=29.23 y=0.00

Armature efficaci: Area totale = 804.25

$$A_{cls,eff} = 60112.40 \quad \rho_{eff} = 0.0134$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.35$$

$$\text{Copriferro} = 66.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000001 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 427.7315$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0004 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=248.78$  a  $x=500.00$   $y=187.55$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212848.65 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 96.58$$

$$\text{Copriferro} = 72.15$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000283 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 706.0345$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1996 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.5101 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212848.65 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -13.25$$

$$\text{Copriferro} = 72.15$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0274 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.4752 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=315.13$  a  $x=500.00$   $y=273.81$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212368.13 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 90.66$$

$$\text{Copriferro} = 72.07$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000265 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 704.7103$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1870 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.4761 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212368.13 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -6.25$$

Copriferro = 72.07

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 255.68$  a  $x = 500.00$   $y = 197.15$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 212785.43$   $\rho_{eff} = 0.0074$

Tensione baricentrica = 87.53

Copriferro = 72.14

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000256$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 705.8528$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1808$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.5101 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 212785.43$   $\rho_{eff} = 0.0074$

Tensione baricentrica = -11.41

Copriferro = 72.14

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

### 7.3.3.5 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 1

#### Armatura base

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-25	0.00	0.00	450	0
2	-7	0.00	0.00	-65	0
3	363	0.00	0.00	50	0
4	-565	0.00	0.00	-3	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	5A)M1max - Elem.165 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-4.00	0.00	316.32	-43.63
2	5A)M1min - Elem.178 - Comb: 28-5A) c.1 M1 Y--	-0.58	0.00	44.20	-6.32
3	5A)F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	4.29	0.00	228.22	72.68
4	5A)F1max Comp. - Elem.5062 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.41	-0.38	-5.74	-6.05

#### Armatura aggiuntiva

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	530	0.00	0.00	890	0
2	107	0.00	0.00	-240	0
3	750	0.00	0.00	790	0
4	-391	0.00	0.00	155	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	5A)M1max - Elem.197 - Comb: 17-5A) c.1 M1 Y+++	-4.29	0.00	326.37	-46.50
2	5A)M1min - Elem.4761 - Comb: 30-5A) d.1 M1 Y--	-2.05	0.00	222.91	-19.15
3	5A)F1max Traz. - Elem.157 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-3.37	0.00	335.73	-32.65
4	5A)F1max Comp. - Elem.197 - Comb: 10-5A) c.1 M1 X--	-0.77	0.00	3.77	-10.92

### 7.3.3.6 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 2

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-232	0.00	0.00	532	0
2	-235	0.00	0.00	-160	0
3	575	0.00	0.00	16	0
4	-2559	0.00	0.00	87	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	5A)M2max - Elem.4752 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-3.91	0.00	197.29	-44.22
2	5A)M2min - Elem.4761 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-1.01	0.00	26.15	-12.61
3	5A)F2max Traz. - Elem.5111 - Comb: 13-5A) d.1 M1 X++	7.10	0.00	281.53	117.01
4	5A)F2max Comp. - Elem.5101 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-2.06	-1.48	-22.72	-30.46



### 7.3.3.7 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio per il fusto è stata individuata in condizioni sismiche ed è pari a  $T=513$  kN (Comb: 26-5A) c.1 M1 Y--+). Nella porzione inferiore dei risvolti si prevede un'armatura a taglio costituita da spilli  $\phi 10$  60x20.

Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	520.93	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	513.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	520.93	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	3419.07	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

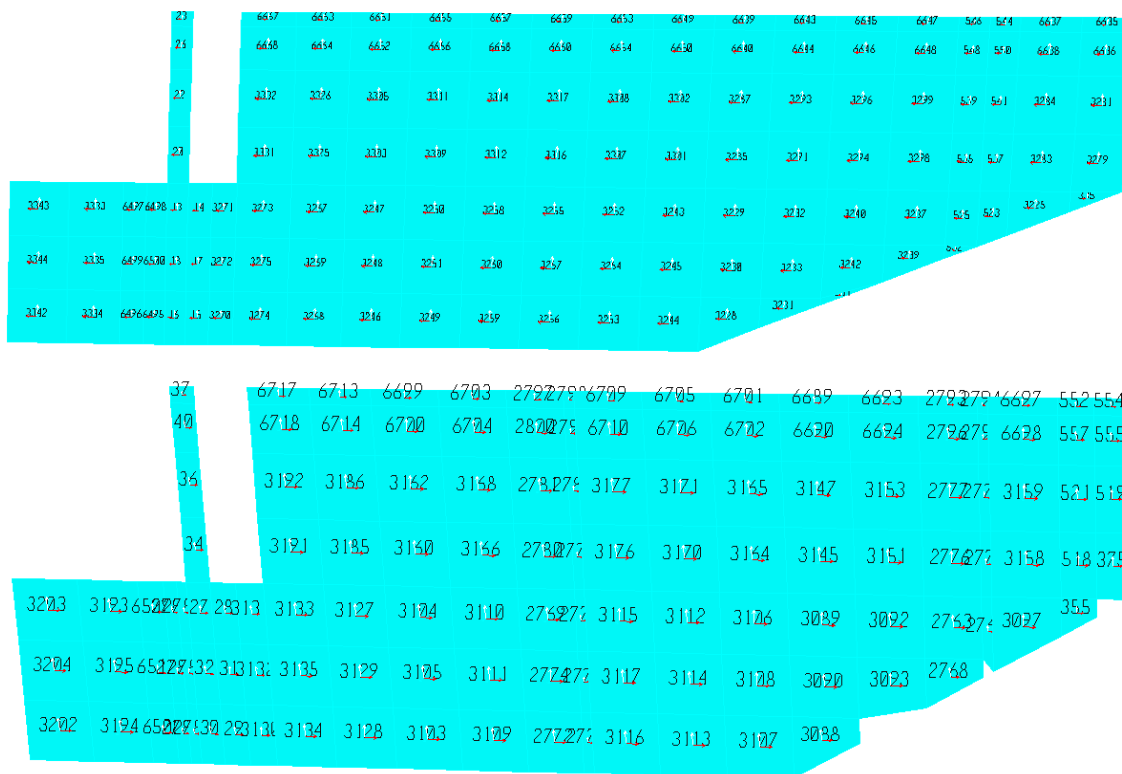
$\theta$	=	25.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	131.80	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	10	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	392.5	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe
$s$	=	60	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

## 7.4 MURI DI RISVOLTO – PORZIONE SUPERIORE

### 7.4.1 NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE SUPERIORE

Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

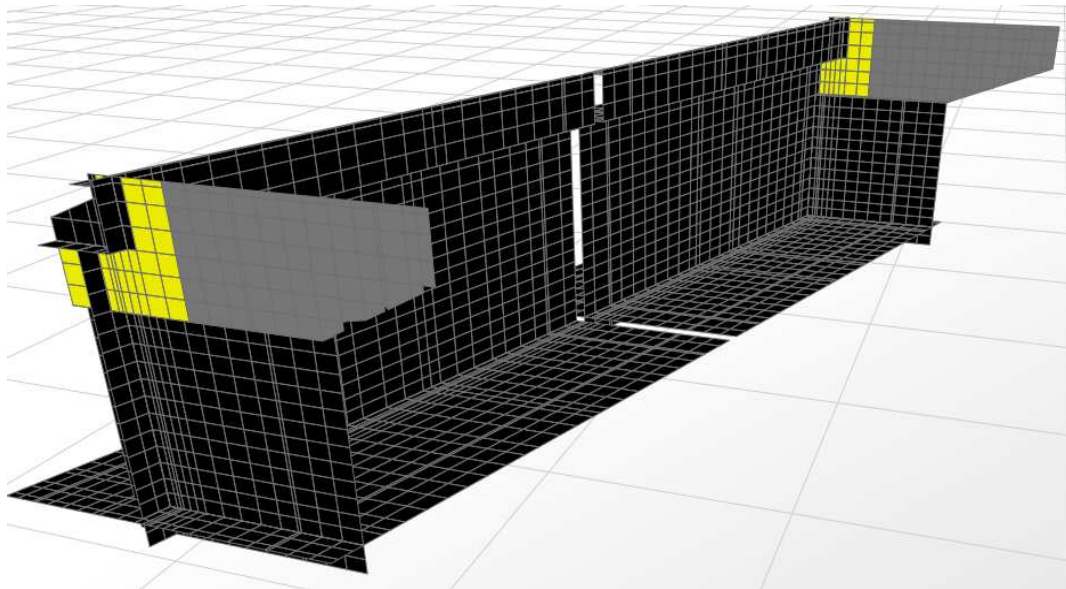


Superiormente si può osservare la porzione superiore del risvolto destro mentre inferiormente quella del risvolto sinistro.

### 7.4.2 ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE SUPERIORE DEI RISVOLTI

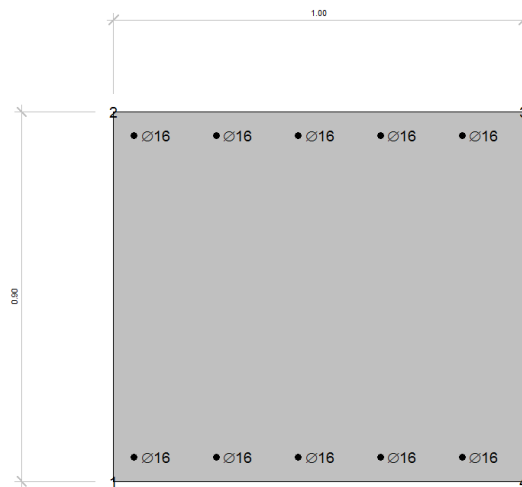
Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

E' stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza degli spigoli tra i risvolti di spessore 90 cm e i paraghiaia. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in grigio le zone dotate di armatura orizzontale base ed in giallo quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	90.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80



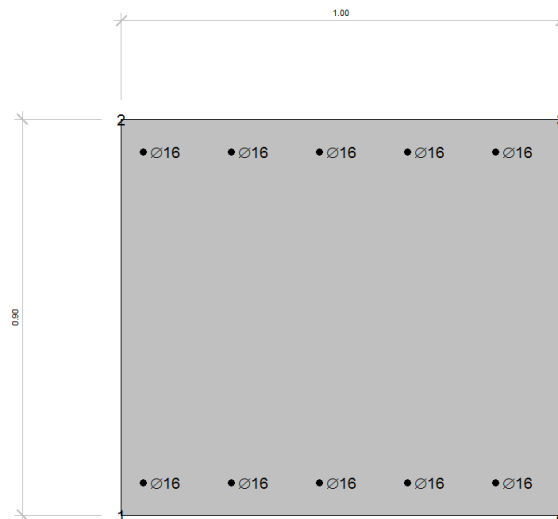
- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	90.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20+1Φ16/20	= 20.10
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.8
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80



Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	90.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40



### 7.4.3 VERIFICHE PORZIONE SUPERIORE RISVOLTO

#### 7.4.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-16566	-0.0035 (sez)	699	0.01 (arm)
Mx	-314	0.01 (arm)	315	0.01 (arm)
My	-384	0.01 (arm)	311	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.3244 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	-309	0.00	0.00	258	0
2	1A)M1min - Elem.523 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	-16	0.00	0.00	-33	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.3162 - Comb: 42-1A)Ilc.2 V-A+ 2	73	0.00	0.00	1	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.3244 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	-317	0.00	0.00	176	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.3578	armatura
2	11.7127	armatura
3	9.5814	armatura
4	5.5253	armatura

#### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-16650	-0.0035 (sez)	787	0.01 (arm)
Mx	-314	0.01 (arm)	627	0.01 (arm)
My	-525	0.01 (arm)	491	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.2785 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	67	0.00	0.00	450	0
2	1A)M1min - Elem.6717 - Comb: 4-1A)Ilc.1 V-A+ 2	5	0.00	0.00	-32	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.6509 - Comb: 42-1A)Ilc.2 V-A+ 2	411	0.00	0.00	249	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.6496 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-916	0.00	0.00	346	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.3135	armatura
2	9.2601	armatura
3	1.5121	armatura
4	6.0606	sezione

#### 7.4.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-16566	-0.0035 (sez)	699	0.01 (arm)
Mx	-309	0.01 (arm)	311	0.01 (arm)
My	-384	0.01 (arm)	311	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.23 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-55	0.00	0.00	290	0
2	1A)M2min - Elem.3343 - Comb: 34b-1A)Ila.2 V-A+ 2	-645	0.00	0.00	-203	0
3	1A)F2max Traz. - Elem.3203 - Comb: 28-1A)Ild.1 V+A+ 2	134	0.00	0.00	-5	0
4	1A)F2max Comp. - Elem.3343 - Comb: 37b-1A)Ilb.2 V-A+ 1	-693	0.00	0.00	-153	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.1590	armatura
2	9.6821	sezione
3	5.2147	armatura
4	12.6977	sezione

### 7.4.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

#### Armatura base

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-228	0.00	0.00	188	0
2	-12	0.00	0.00	-25	0
3	55	0.00	0.00	0	0
4	-235	0.00	0.00	128	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-201	0.00	0.00	122	0
2	-8	0.00	0.00	-18	0
3	49	0.00	0.00	5	0
4	-211	0.00	0.00	83	0

#### Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-187	0.00	0.00	95	0
2	-6	0.00	0.00	-15	0
3	47	0.00	0.00	3	0
4	-199	0.00	0.00	64	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.3244 - Comb: 15b-2)IId.1 V-A+	-3.14	0.00	132.28	-34.73
2	2)M1min - Elem.523 - Comb: 15b-2)IId.1 V-A+	-0.44	0.00	25.55	-4.37
3	2)F1max Traz. - Elem.3162 - Comb: 21b-2)IId.2 V-A+	1.26	0.00	34.45	19.84
4	2)F1max Comp. - Elem.3244 - Comb: 15b-2)IId.1 V-A+	-1.96	0.00	58.47	-23.39

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.3244 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-1.91	0.00	63.58	-22.37
2	3)M1min - Elem.523 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-0.32	0.00	19.31	-3.20
3	3)F1max Traz. - Elem.546 - Comb: 10-3)IId.1 A+	0.72	0.00	36.46	12.46
4	3)F1max Comp. - Elem.3244 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-1.12	0.00	19.65	-14.30

#### Verifiche alle tensioni – q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.3244 - Comb: 2-4)IId.1 A+	-1.42	0.00	38.59	-17.18
2	4)M1min - Elem.523 - Comb: 2-4)IId.1 A+	-0.26	0.00	15.47	-2.57
3	4)F1max Traz. - Elem.546 - Comb: 1-4)IId.1 A+	0.83	0.00	33.36	13.81
4	4)F1max Comp. - Elem.3244 - Comb: 2-4)IId.1 A+	-0.80	0.00	8.64	-10.63

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.3244 - Comb: 11-3) IId.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=265.13$  a  $x=500.00$   $y=253.18$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cs,eff} = 157233.67 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

Tensione baricentrica = 63.06

Copri ferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000185$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.4308$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1099$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.523 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 726.14$  a  $x = 500.00$   $y = 753.76$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157297.97$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 19.00

Copriferro = 50.02

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000056$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.6660$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0331$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.546 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157297.97$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 19.33

Copriferro = 50.02

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.7872$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000057$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 840.1575$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0475$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.3244 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 389.34$  a  $x = 500.00$   $y = 386.65$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157187.55$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 19.60

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000057$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.2927$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0342$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.3244 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=301.98$  a  $x=500.00$   $y=293.57$

Armagure efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157216.76 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 38.35$$

$$\text{Copri ferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000112 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.3780$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0668 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.523 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=725.93$  a  $x=500.00$   $y=753.50$

Armagure efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157297.76 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 15.23$$

$$\text{Copri ferro} = 50.02$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000045 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.6651$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0265 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.546 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armagure efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157297.76 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 20.43$$

$$\text{Copri ferro} = 50.02$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.8458 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000060 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 889.9691$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0532 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.3244 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=489.85$  a  $x=500.00$   $y=491.26$

Armagure efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157179.50 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$



Tensione baricentrica = 8.63

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000025$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.2704$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0150$  (<0.2000)

### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	53	0.00	0.00	320	0
2	4	0.00	0.00	-22	0
3	308	0.00	0.00	184	0
4	-673	0.00	0.00	255	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	56	0.00	0.00	220	0
2	-19	0.00	0.00	-14	0
3	250	0.00	0.00	146	0
4	-505	0.00	0.00	196	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	52	0.00	0.00	180	0
2	-30	0.00	0.00	-11	0
3	207	0.00	0.00	126	0
4	-427	0.00	0.00	166	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.2785 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-3.91	0.00	217.17	-39.57
2	2)M1min - Elem.6717 - Comb: 2-2)Ilc.1 V-A+	-0.39	0.00	30.11	-3.33
3	2)F1max Traz. - Elem.6509 - Comb: 21b-2)Ilc.2 V-A+	-1.56	0.00	192.34	-8.52
4	2)F1max Comp. - Elem.6496 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-3.09	0.00	37.97	-40.42

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.2785 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.66	0.00	153.89	-26.52
2	3)M1min - Elem.3193 - Comb: 9a-3)Ilb.1 A+	-0.22	0.00	8.90	-2.45
3	3)F1max Traz. - Elem.6497 - Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-1.22	0.00	154.02	-6.34
4	3)F1max Comp. - Elem.6496 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.38	0.00	30.61	-31.07

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.2785 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-2.17	0.00	127.37	-21.48
2	4)M1min - Elem.3343 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-0.14	0.00	2.04	-1.77
3	4)F1max Traz. - Elem.6497 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-1.09	0.00	130.73	-6.12
4	4)F1max Comp. - Elem.6496 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-2.02	0.00	26.01	-26.32

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.2785 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=169.76$  a  $x=500.00$   $y=174.52$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 164587.69 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 153.40$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000449 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 392.6593$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1763 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.3193 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=668.06$  a  $x=500.00$   $y=689.16$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157273.24 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 8.78$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000026 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.5677$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0153 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.6497 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=87.30$  a  $x=500.00$   $y=89.36$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 164451.60 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 153.83$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000450 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 392.4733$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1767 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.6496 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=449.75$  a  $x=500.00$   $y=456.93$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{c_{ls,eff}} = 164709.19 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 30.36$$

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000089$  Distanza fessure  $\Delta_s_{max} = 392.8265$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0349$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.2785 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 167.65$  a  $x = 500.00$   $y = 172.37$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 164585.55$   $\rho_{eff} = 0.0122$

Tensione baricentrica = 126.97

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000372$  Distanza fessure  $\Delta_s_{max} = 392.6563$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1459$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.3343 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 474.35$  a  $x = 500.00$   $y = 482.51$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157215.53$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 2.02

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000006$  Distanza fessure  $\Delta_s_{max} = 595.3743$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0035$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.6497 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 91.21$  a  $x = 500.00$   $y = 93.48$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 164461.92$   $\rho_{eff} = 0.0122$

Tensione baricentrica = 130.55

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000382$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.4874$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1500$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1 max Comp. - Elem.6496 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 449.12$  a  $x = 500.00$   $y = 456.30$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cs,eff} = 164709.07$   $\rho_{eff} = 0.0122$

Tensione baricentrica = 25.80

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000075$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.8263$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0297$  ( $< 0.2000$ )

#### 7.4.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

##### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-44	0.00	0.00	165	0
2	-472	0.00	0.00	-149	0
3	96	0.00	0.00	-3	0
4	-492	0.00	0.00	-112	0

##### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-16	0.00	0.00	75	0
2	-364	0.00	0.00	-119	0
3	30	0.00	0.00	64	0
4	-376	0.00	0.00	-89	0

##### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-8	0.00	0.00	45	0
2	8	0.00	0.00	-82	0
3	30	0.00	0.00	64	0
4	-228	0.00	0.00	-7	0

##### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2) M2max - Elem.23 - Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	-3.10	0.00	193.13	-25.29
2	2) M2min - Elem.3343 - Comb: 17b-2) Ilc.2 V-A+	-1.88	0.00	18.80	-24.04
3	2) F2max Traz. - Elem.3203 - Comb: 14a-2) Ilc.1 V+A+	1.97	0.00	63.65	31.84
4	2) F2max Comp. - Elem.3343 - Comb: 19b-2) Ilc.2 V-A+	-1.37	0.00	3.82	-18.39

##### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max- Elem.23 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-1.40	0.00	89.52	-13.21
2	3)M2min - Elem.3343 - Comb: 8b-3)IIa.1 A+	-1.51	0.00	17.13	-19.16
3	3)F2max Traz. - Elem.22 - Comb: 9b-3)IIb.1 A+	-1.22	0.00	98.90	-10.11
4	3)F2max Comp. - Elem.3343 - Comb: 9b-3)IIb.1 A+	-1.08	0.00	4.01	-14.47

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max- Elem.23 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.84	0.00	54.52	-7.89
2	4)M2min - Elem.20 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-1.52	0.00	108.89	-11.40
3	4)F2max Traz. - Elem.22 - Comb: 1-4)Ic.1 A	-1.22	0.00	98.90	-10.11
4	4)F2max Comp. - Elem.3244 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.30	-0.19	-3.01	-4.31

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.23 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=161.40$  a  $x=500.00$   $y=131.00$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 172642.04 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 87.95$$

$$\text{Copriferro} = 66.03$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \epsilon_{sm} = 0.000257 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 691.6224$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1780 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.3343 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=420.81$  a  $x=500.00$   $y=420.04$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 157176.56 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 17.11$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \epsilon_{sm} = 0.000050 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.2623$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0298 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.22 - Comb: 9b-3) IIb.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=134.37$  a  $x=500.00$   $y=92.98$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 172687.50 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 96.65$$

Copriferro = 66.06

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000283$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 691.8446$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1957$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.3343 - Comb: 9b-3) IIb.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 225.83$  a  $x = 500.00$   $y = 220.22$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 127938.13$   $\rho_{eff} = 0.0079$

Tensione baricentrica = 3.95

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000012$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 516.1569$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0060$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.23 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 159.79$  a  $x = 500.00$   $y = 128.87$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 172644.38$   $\rho_{eff} = 0.0058$

Tensione baricentrica = 53.55

Copriferro = 66.04

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000157$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 691.6328$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1084$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.20 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 748.67$  a  $x = 500.00$   $y = 784.67$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157325.48$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 106.72

Copriferro = 50.04

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000312$  Distanza fessure  $\Delta_{s\ max} = 595.7929$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1861$  (<0.2000)

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.22 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 134.37$  a  $x = 500.00$   $y = 92.98$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 172687.50$   $\rho_{eff} = 0.0058$

Tensione baricentrica = 96.65

Copriferro = 66.06

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000283$  Distanza fessure  $\Delta_{s\ max} = 691.8446$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1957$  (<0.2000)

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.3244 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 172687.50$   $\rho_{eff} = 0.0058$

Tensione baricentrica = -4.28

Copriferro = 66.06

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  (<0.2000)

### 7.4.3.5 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 1

#### Armatura base

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-259	0.00	0.00	285	0
2	-16	0.00	0.00	-41	0
3	175	0.00	0.00	17	0
4	-279	0.00	0.00	188	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s\ max}$	$\sigma_{s\ min}$
1	5A)M1max - Elem.3244 - Comb:30-5A) d.1 M1 Y--	-4.91	0.00	239.58	-52.19
2	5A)M1min - Elem.554 - Comb:18-5A) c.1 M1 Y--	-0.73	0.00	44.16	-7.14
3	5A)F1maxTraz. - Elem.3088 - Comb:9-5A) c.1 M1 X--	2.54	0.00	129.99	43.91
4	5A)F1max Comp. - Elem.3244 - Comb:29-5A) d.1 M1 Y--	-3.02	0.00	110.37	-34.63

#### Armatura aggiuntiva

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	55	0.00	0.00	430	0
2	-41	0.00	0.00	-19	0
3	643	0.00	0.00	122	0
4	-960	0.00	0.00	361	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	5A)M1max - Elem.6498 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-5.28	0.00	288.03	-53.71
2	5A)M1min - Elem.3343 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.26	0.00	6.31	-3.21
3	5A)F1max Traz. - Elem.6509 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	9.64	0.00	252.45	151.54
4	5A)F1max Comp. - Elem.6496 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-4.36	0.00	52.94	-57.22

### 7.4.3.6 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 2

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-29	0.00	0.00	260	0
2	-96	0.00	0.00	-186	0
3	165	0.00	0.00	-30	0
4	-329	0.00	0.00	-22	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	5A)M2max - Elem.23 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-4.86	0.00	323.71	-45.22
2	5A)M2min - Elem.20 - Comb: 30-5A) d.1 M1 Y--	-3.35	0.00	191.05	-29.21
3	5A)F2max Traz. - Elem.554 - Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	0.98	0.00	139.73	24.40
4	5A)F2max Comp. - Elem.3244 - Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	-0.51	-0.20	-3.27	-7.25

### 7.4.3.1 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio per il fusto è stata individuata in condizioni statiche ed è pari a T=388 kN (Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2). Nella porzione inferiore dei risvolti si prevede un'armatura a taglio costituita da spilli  $\phi 10$  60x20.

Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	408.09	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	388.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	408.09	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	2678.44	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	25.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	82.60	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	10	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	392.5	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe



s	=	60	cm
$\alpha$	=	90	°
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>

Interasse tra due armature trasversali consecutive

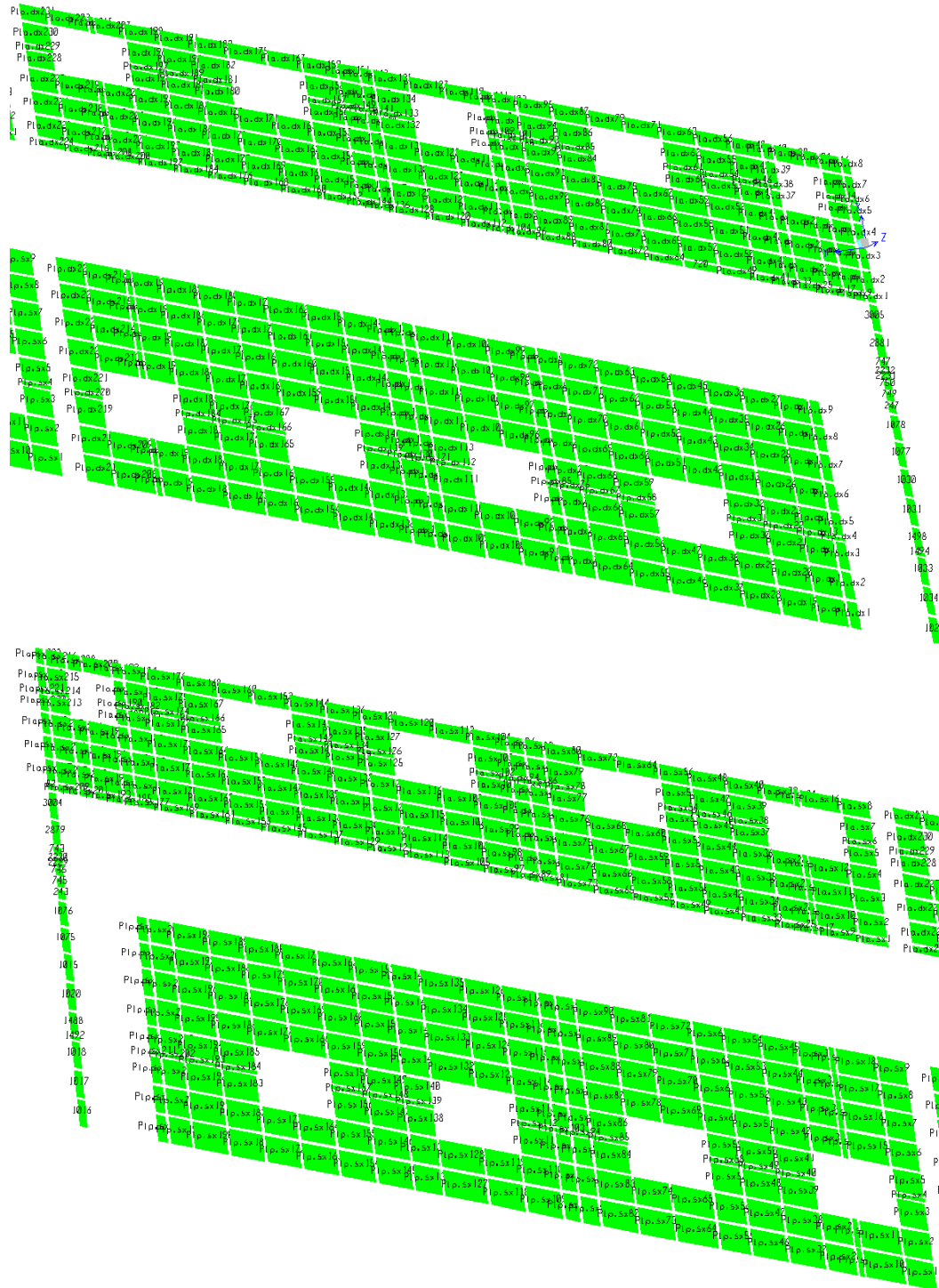
angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

## 7.5 PLATEA DI FONDAZIONE

### 7.5.1 NUMERAZIONE ELEMENTI PLATEA

Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

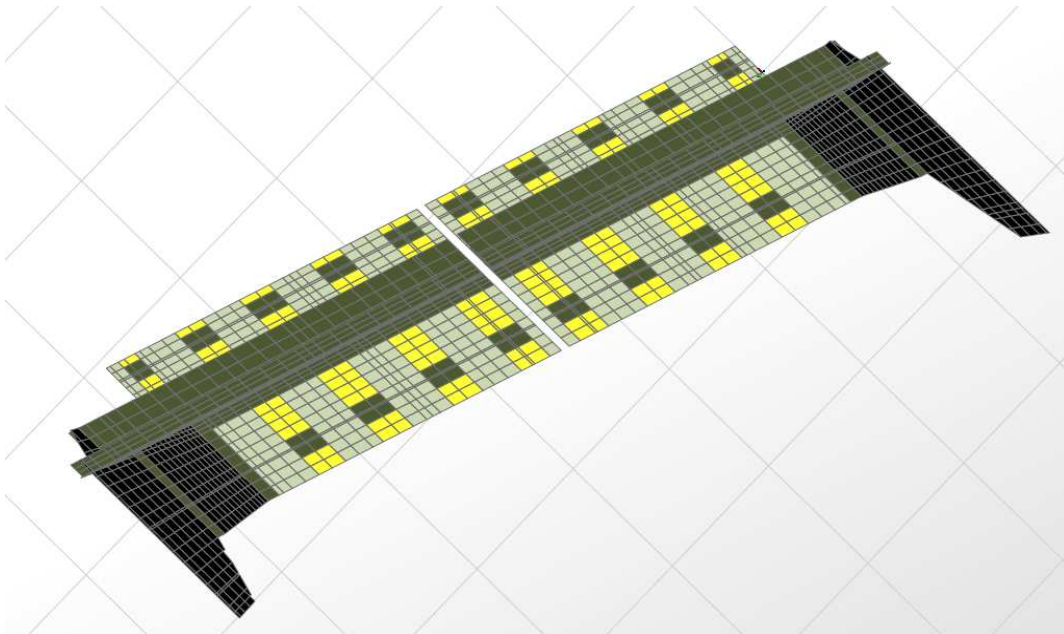


Superiormente si può osservare la platea destra mentre inferiormente quella sinistra.

### 7.5.2 ARMATURA ADOTTATA PER LA PLATEA

Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura parallela alla direzione longitudinale del ponte):

L'armatura parallela alla direzione longitudinale del ponte è stata convenientemente aumentata all'estradosso della platea in corrispondenza dei pali. Nell'immagine sotto riportata si osservano evidenziate in grigio le porzioni di platea caratterizzate da armatura base ed in giallo quelle caratterizzate da armatura aggiuntiva.



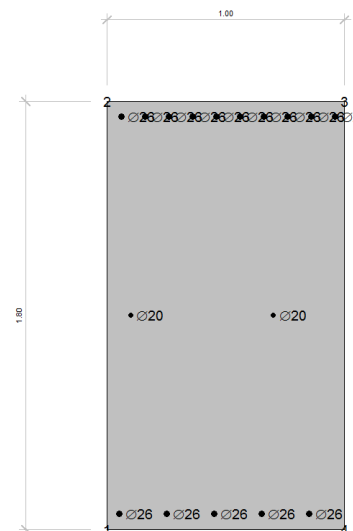
- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura superiore c (cm)	4+1.2+1.3	6.50
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura inferiore c' (cm)	4+1.2+1.3	6.50
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



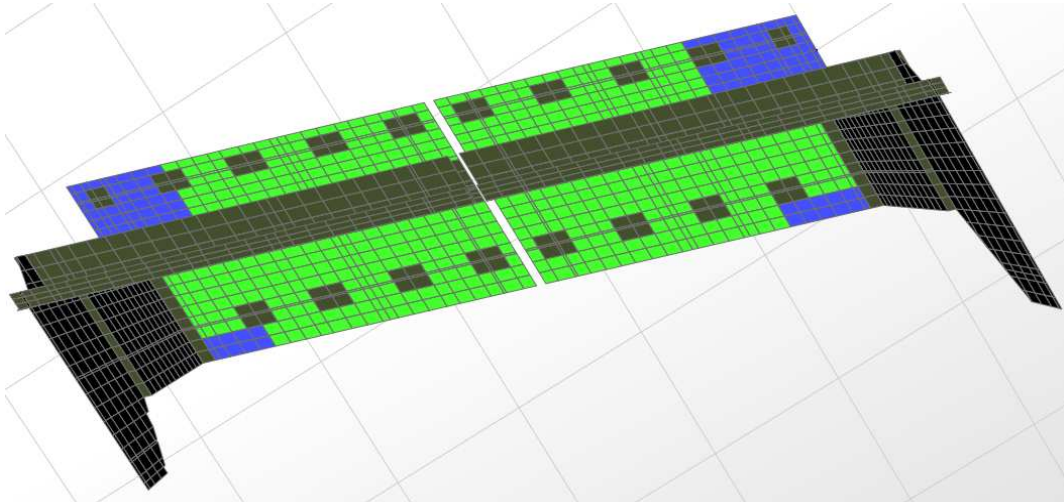
- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20 + 1Φ26/20	= 53.00
Copriferro c (cm)	4+1.2+1.3	5.8
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1.2+1.3	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



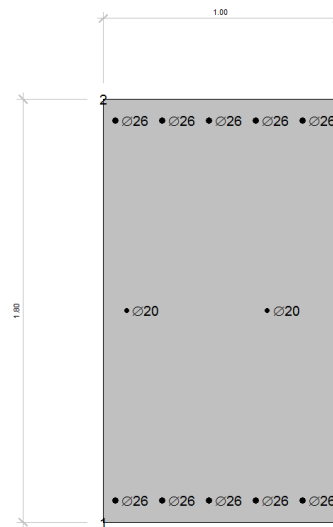
Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura parallela al fusto):

L'armatura parallela al fusto è stata aumentata all'estradosso della platea in corrispondenza degli pigoli esterni della platea. Nell'immagine sotto riportata si osservano evidenziate in verde le porzioni di platea caratterizzate da armatura base ed in blu quelle caratterizzate da armatura aggiuntiva.



- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro c (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20 + 1Φ26/40	= 39.75
Copriferro c (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



### 7.5.3 VERIFICHE PLATEA

#### 7.5.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA PARALLELA ALLA DIREZIONE LONGITUDINALE DEL PONTE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27408	-0.0035 (sez)	2033	0.01 (arm)
Mx	-1920	0.01 (arm)	1918	0.01 (arm)
My	-1135	0.01 (arm)	894	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-356	0.00	0.00	890	0
2	1A)M1min - Elem.2879 - Comb: 16a-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-84	0.00	0.00	-1500	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.Plp.dx58 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	350	0.00	0.00	-87	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-871	0.00	0.00	516	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.1970	armatura
2	1.3400	armatura
3	5.1126	armatura
4	14.0436	sezione

##### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27679	-0.0035 (sez)	2323	0.01 (arm)
Mx	-1923	0.01 (arm)	3629	0.01 (arm)
My	-1381	0.01 (arm)	1250	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-379	0.00	0.00	1157	0
2	1A)M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 18b-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-503	0.00	0.00	-1887	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 42-1A)Ilc.2 V-A+ 2	437	0.00	0.00	-85	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.Pla.dx20 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-640	0.00	0.00	385	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	4.0799	armatura
2	1.3024	armatura
3	4.3051	armatura
4	20.0049	sezione

### 7.5.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA PARALLELA AL FUSTO)

Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27407	-0.0035 (sez)	2033	0.01 (arm)
Mx	-1887	0.01 (arm)	1883	0.01 (arm)
My	-1135	0.01 (arm)	894	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 18b-1A)Ila.1 V-A+ 2	146	0.00	0.00	1405	0
2	1A)M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 16a-1A)Ila.1 V+A+ 2	22	0.00	0.00	-847	0
3	1A)F2max Traz. - Elem.Plp.dx55 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	721	0.00	0.00	10	0
4	1A)F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	-397	0.00	0.00	-273	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.2364	armatura
2	2.1810	armatura
3	2.8204	armatura
4	25.9447	sezione

Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27577	-0.0035 (sez)	2273	0.01 (arm)
Mx	-1886	0.01 (arm)	2561	0.01 (arm)
My	-1265	0.01 (arm)	993	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	103	0.00	0.00	1165	0
2	1A)M2min - Elem.Pla.sx194 - Comb: 32a-1A)Ila.2 V+A+ 2	3	0.00	0.00	-576	0
3	1A)F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 26-1A)Ilc.1 V-A+ 2	997	0.00	0.00	1123	0
4	1A)F2max Comp. - Elem.Pla.dx71 - Comb: 30-1A)Ild.1 V-A+ 2	-462	0.00	0.00	11	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.0518	armatura
2	3.2609	armatura
3	1.3252	armatura
4	58.0256	sezione

### 7.5.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1 (ARMATURA PARALLELA ALLA DIREZIONE LONGITUDINALE DEL PONTE)

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara



Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-264	0.00	0.00	540	0
2	-62	0.00	0.00	-1050	0
3	250	0.00	0.00	-69	0
4	-645	0.00	0.00	384	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-224	0.00	0.00	540	0
2	-56	0.00	0.00	-950	0
3	190	0.00	0.00	-14	0
4	-557	0.00	0.00	343	0

**Sollecitazioni di progetto – q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-202	0.00	0.00	460	0
2	-135	0.00	0.00	-870	0
3	170	0.00	0.00	-11	0
4	-509	0.00	0.00	318	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-1.94	0.00	78.45	-25.06
2	2)M1min - Elem.2879 - Comb: 8a-2)Ila.1 V+A+	-3.93	0.00	226.00	-48.11
3	2)F1max Traz. - Elem.Plp.dx58 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	0.84	0.00	69.27	15.24
4	2)F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-1.12	0.00	9.20	-15.80

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.96	0.00	84.66	-25.10
2	3)M1min - Elem.2879 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	-3.56	0.00	204.49	-43.53
3	3)F1max Traz. - Elem.Plp.dx220 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	1.26	0.00	43.98	20.25
4	3)F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.00	0.00	9.05	-14.14

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.67	0.00	70.37	-21.37
2	4)M1min - Elem.Pla.dx9 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-3.24	0.00	173.12	-40.16
3	4)F1max Traz. - Elem.Plp.dx220 - Comb: 2-4)Id.1 A+	1.15	0.00	39.00	18.46
4	4)F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.93	0.00	8.74	-13.12

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=459.18$  a  $x=500.00$   $y=406.39$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 209474.03 \quad \rho_{eff} = 0.0127$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 83.31$$

$$\text{Copriferro} = 52.09$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000244 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_s_{max} = 525.8832$$



Ampiezza fessure  $w_d = 0.1282$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.2879 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1426.86$  a  $x=500.00$   $y=1505.83$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 200874.41 \quad \rho_{eff} = 0.0132$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 199.97$$

$$\text{Copriferro} = 52.20$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000585$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 511.9450$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2996$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.Plp.dx220 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 200874.41 \quad \rho_{eff} = 0.0132$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 36.23$$

$$\text{Copriferro} = 52.20$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.8605 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000106$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 753.1067$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0799$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1079.79$  a  $x=500.00$   $y=1089.07$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 230761.49 \quad \rho_{eff} = 0.0115$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 9.00$$

$$\text{Copriferro} = 52.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000026$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 561.0287$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0148$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=466.17$  a  $x=500.00$   $y=415.02$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c,ls,eff} = 210022.59 \quad \rho_{eff} = 0.0126$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 69.27$$

$$\text{Copriferro} = 52.08$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000203 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 526.7777$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1068 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.Pla.dx9 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1406.22 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1477.67$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2654.65$$

$$A_{c,ls,eff} = 203321.57 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 169.59$$

$$\text{Copriferro} = 52.17$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000496 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 515.8950$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.2561 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.Plp.dx220 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2654.65$$

$$A_{c,ls,eff} = 203321.57 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 32.08$$

$$\text{Copriferro} = 52.17$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.8752 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000094 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 769.9058$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0723 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1064.15 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1072.74$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2654.65$$

$$A_{c,ls,eff} = 230518.96 \quad \rho_{eff} = 0.0115$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 8.69$$

$$\text{Copriferro} = 52.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000025$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 560.6235$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0143$  ( $< 0.3000$ )

### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-282	0.00	0.00	859	0
2	-373	0.00	0.00	-1394	0
3	325	0.00	0.00	-64	0
4	-474	0.00	0.00	286	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-251	0.00	0.00	767	0
2	-329	0.00	0.00	-1050	0
3	250	0.00	0.00	-42	0
4	-406	0.00	0.00	257	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-231	0.00	0.00	715	0
2	-310	0.00	0.00	-1045	0
3	270	0.00	0.00	-32	0
4	-366	0.00	0.00	239	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-2.34	0.00	77.34	-30.80
2	2) M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 9b-2) Ilc.1 V-A+	-4.80	0.00	248.98	-59.74
3	2) F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 21b-2) Ilc.2 V-A+	0.68	0.00	77.27	13.05
4	2) F1max Comp. - Elem.Pla.dx20 - Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	-0.80	0.00	5.53	-11.30

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-2.12	0.00	69.56	-27.85
2	3) M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 8b-3) Ilc.1 A+	-3.63	0.00	179.91	-45.34
3	3) F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	0.63	0.00	57.21	11.59
4	3) F1max Comp. - Elem.Pla.dx20 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-0.72	0.00	5.56	-10.13

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-4) Ilc.1 A+	-1.98	0.00	65.07	-25.94
2	4) M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 1-4) Ilc.1 A+	-3.62	0.00	181.94	-45.09
3	4) F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 1-4) Ilc.1 A+	0.82	0.00	58.56	14.38
4	4) F1max Comp. - Elem.Pla.dx20 - Comb: 1-4) Ilc.1 A+	-0.67	0.00	5.54	-9.39

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 524.95$  a  $x = 500.00$   $y = 552.88$

Armature efficaci: Area totale = 5309.29

$$A_{c,ls,eff} = 237318.24 \quad \rho_{eff} = 0.0224$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 68.84$$

$$\text{Copriferro} = 52.03$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000201 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 374.4542$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0754 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1381.07 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1462.40$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2654.65$$

$$A_{c,ls,eff} = 200109.73 \quad \rho_{eff} = 0.0133$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 175.69$$

$$\text{Copriferro} = 52.21$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000514 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 510.7135$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.2626 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta tesa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2654.65$$

$$A_{c,ls,eff} = 200109.73 \quad \rho_{eff} = 0.0133$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 53.00$$

$$\text{Copriferro} = 52.21$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.6165 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000155 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 588.3232$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0913 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.Pla.dx20 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1133.69 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1160.53$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 5309.29$$

$$A_{c,ls,eff} = 237132.30 \quad \rho_{eff} = 0.0224$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 5.45$$

$$\text{Copriferro} = 52.02$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000016$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 374.2929$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0060$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 523.48$  a  $x = 500.00$   $y = 551.41$

Armatore efficaci: Area totale = 5309.29

$A_{cls,eff} = 237319.10$   $\rho_{eff} = 0.0224$

Tensione baricentrica = 64.40

Copriferro = 52.03

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000188$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 374.4550$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0706$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1385.44$  a  $x = 500.00$   $y = 1467.81$

Armatore efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 199773.44$   $\rho_{eff} = 0.0133$

Tensione baricentrica = 177.63

Copriferro = 52.22

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000520$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 510.1723$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2652$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armatore efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 199773.44$   $\rho_{eff} = 0.0133$

Tensione baricentrica = 54.28

Copriferro = 52.22

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.6398$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000159$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 603.1658$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0958$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.Pla.dx20 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1106.31$  a  $x=500.00$   $y=1133.18$

Armature efficaci: Area totale = 5309.29

$A_{cs,eff} = 237136.78$   $\rho_{eff} = 0.0224$

Tensione baricentrica = 5.43

Copriferro = 52.02

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000016$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 374.2968$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0059$  ( $< 0.3000$ )

### 7.5.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2 (ARMATURA PARALLELA AL FUSTO)

#### Armatura base

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	107	0.00	0.00	1041	0
2	18	0.00	0.00	-628	0
3	532	0.00	0.00	7	0
4	-294	0.00	0.00	-206	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	90	0.00	0.00	525	0
2	22	0.00	0.00	-556	0
3	445	0.00	0.00	12	0
4	-250	0.00	0.00	-136	0

#### Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	86	0.00	0.00	420	0
2	19	0.00	0.00	-470	0
3	398	0.00	0.00	18	0
4	-229	0.00	0.00	-100	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 9b-2) Ila.1 V-A+	-4.07	0.00	257.68	-44.03
2	2)M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-2) Ila.1 V+A+	-2.45	0.00	147.16	-26.90
3	2)F2max Traz. - Elem.Plp.dx55 - Comb: 15b-2) IId.1 V-A+	4.04	0.00	115.95	63.89
4	2)F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	-0.62	0.00	7.71	-8.44

#### Verifiche alle tensioni – frequente

comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3) M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+	-2.06	0.00	136.41	-21.93
2	3) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+	-2.17	0.00	131.42	-23.78
3	3) F2max Traz. - Elem.Plp.dx55 - Comb: 11-3) IId.1 A+	3.28	0.00	98.40	52.03
4	3) F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 10-3) IIc.1 A+	-0.40	0.00	2.43	-5.52

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4) M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-1.65	0.00	111.65	-17.43
2	4) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-1.83	0.00	111.17	-20.10
3	4) F2max Traz. - Elem.Plp.dx55 - Comb: 2-4) Id.1 A+	2.81	0.00	89.70	44.85
4	4) F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.30	0.00	0.74	-4.20

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=330.91$  a  $x=500.00$   $y=232.71$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 264818.00 \quad \rho_{eff} = 0.0100$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 132.74$$

$$\text{Copriferro} = 78.44$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000389 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 707.6120$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.2749 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1446.10$  a  $x=500.00$   $y=1533.07$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 266494.89 \quad \rho_{eff} = 0.0100$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 128.22$$

$$\text{Copriferro} = 78.34$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000375 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 710.0836$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.2665 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.Plp.dx55 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 266494.89 \quad \rho_{eff} = 0.0100$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 74.56$$

Copriferro = 78.34

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.9877$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000218$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max} = 1142.8960$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2494$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 10-3) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 590.12$  a  $x = 500.00$   $y = 575.79$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 264495.18$   $\rho_{eff} = 0.0100$

Tensione baricentrica = 2.40

Copriferro = 78.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000007$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max} = 705.6177$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0050$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 325.46$  a  $x = 500.00$   $y = 224.26$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 264187.57$   $\rho_{eff} = 0.0100$

Tensione baricentrica = 108.57

Copriferro = 78.46

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000318$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max} = 706.6543$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2246$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1446.25$  a  $x = 500.00$   $y = 1533.30$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 266487.91$   $\rho_{eff} = 0.0100$

Tensione baricentrica = 108.46

Copriferro = 78.34

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$



Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000317$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 710.0738$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2254$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.Plp.dx55 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 266487.91$   $\rho_{eff} = 0.0100$

Tensione baricentrica = 65.00

Copriferro = 78.34

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.9831$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000190$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 1138.7730$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2167$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 338.20$  a  $x = 500.00$   $y = 316.55$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 205192.37$   $\rho_{eff} = 0.0129$

Tensione baricentrica = 0.72

Copriferro = 78.02

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000002$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 606.9189$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0013$  ( $< 0.3000$ )

### Armatura aggiuntiva

#### **Sollecitazioni di progetto – rara**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	76	0.00	0.00	861	0
2	2	0.00	0.00	-427	0
3	734	0.00	0.00	814	0
4	-341	0.00	0.00	8	0

#### **Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	78	0.00	0.00	754	0
2	2	0.00	0.00	-389	0
3	540	0.00	0.00	570	0
4	-279	0.00	0.00	3	0

#### **Sollecitazioni di progetto - q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	73	0.00	0.00	699	0
2	1	0.00	0.00	-353	0
3	542	0.00	0.00	491	0
4	-252	0.00	0.00	10	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-3.14	0.00	158.30	-36.12
2	2)M2min - Elem.Pla.sx194 - Comb: 16a-2)IIa.2 V+A+	-1.58	0.00	97.73	-17.16
3	2)F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 15b-2)Ild.1 V-A+	-3.15	0.00	249.03	-31.24
4	2)F2max Comp. - Elem.Pla.dx71 - Comb: 15b-2)Ild.1 V-A+	-0.20	-0.16	-2.40	-2.95

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 8b-3)IIa.1 A+	-2.75	0.00	139.95	-31.57
2	3)M2min - Elem.Pla.sx164 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-1.43	0.00	88.97	-15.61
3	3)F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.22	0.00	179.12	-21.79
4	3)F2max Comp. - Elem.Pla.dx71 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	-0.16	-0.14	-2.05	-2.34

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.55	0.00	129.83	-29.27
2	4)M2min - Elem.Pla.sx164 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.30	0.00	80.60	-14.17
3	4)F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.95	0.00	169.91	-18.36
4	4)F2max Comp. - Elem.Pla.dx16 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.15	-0.11	-1.69	-2.28

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=421.21$  a  $x=500.00$   $y=257.11$

Armature efficaci: Area totale = 3716.50

$$A_{cls,eff} = 251508.43 \quad \rho_{eff} = 0.0148$$

Tensione baricentrica = 133.05

Copriferro = 79.22

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000389$  Distanza fessure  $\Delta_s_{max} = 568.4552$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2214$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.Pla.sx164 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1455.67$  a  $x=500.00$   $y=1525.20$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 268259.68 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

Tensione baricentrica = 87.24

Copriferro = 78.22

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000255$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 712.6009$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1819$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 323.18$  a  $x = 279.75$   $y = 0.00$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 186575.66$   $\rho_{eff} = 0.0142$

Tensione baricentrica = 166.30

Copriferro = 85.51

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000487$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 601.3729$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2927$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.Pla.dx71 - Comb: 11-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 186575.66$   $\rho_{eff} = 0.0142$

Tensione baricentrica = -2.18

Copriferro = 85.51

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 421.04$  a  $x = 500.00$   $y = 256.78$

Armature efficaci: Area totale = 3716.50

$A_{cls,eff} = 251471.13$   $\rho_{eff} = 0.0148$

Tensione baricentrica = 123.43

Copriferro = 79.22

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000361$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 568.4180$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2053$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.Pla.sx164 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1455.24$  a  $x=500.00$   $y=1524.57$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 268280.30 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 79.03$$

$$\text{Copriferro} = 78.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000231 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 712.6310$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1648 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=319.53$  a  $x=78.23$   $y=0.00$

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{c_{ls,eff}} = 161981.37 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 158.55$$

$$\text{Copriferro} = 90.97$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000464 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 646.4224$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.2997 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.Pla.dx16 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{c_{ls,eff}} = 161981.37 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -1.91$$

$$\text{Copriferro} = 90.97$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.3000)$$

### 7.5.3.5 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 1 (ARMATURA PARALLELA ALLA DIREZIONE LONGITUDINALE DEL PONTE)

Armatura base

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-381	0.00	0.00	1050	0
2	-110	0.00	0.00	-1620	0
3	350	0.00	0.00	-986	0
4	-979	0.00	0.00	773	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	5A)M1max - Elem.Pla.dx13 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-3.84	0.00	173.26	-48.81
2	5A)M1min - Elem.2879 - Comb: 1-5A) c.1 M1 X+++	-6.07	0.00	346.24	-74.29
3	5A)F1max Traz. - Elem.Plp.dx220 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-3.71	0.00	284.39	-42.50
4	5A)F1max Comp. - Elem.Pla.dx14 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-2.37	0.00	37.92	-32.84

#### Armatura aggiuntiva

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-562	0.00	0.00	1672	0
2	-593	0.00	0.00	-1800	0
3	450	0.00	0.00	-824	0
4	-740	0.00	0.00	-334	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	5A)M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-5A) c.1 M1 X+++	-4.63	0.00	150.53	-60.80
2	5A)M1min - Elem.Pla.dx17 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-6.21	0.00	303.65	-77.76
3	5A)F1max Traz. - Elem.Plp.dx195 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-2.87	0.00	266.74	-30.79
4	5A)F1max Comp. - Elem.Pla.dx28 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-0.91	0.00	2.25	-13.00

### 7.5.3.6 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)-DIREZIONE 2 (ARMATURA PARALLELA AL FUSTO)

#### Armatura base

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	290	0.00	0.00	950	0
2	78	0.00	0.00	-1065	0
3	663	0.00	0.00	-459	0
4	-632	0.00	0.00	-363	0

Tensioni massime nei materiali:

comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	5A)M2max - Elem.Pla.sx20 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-3.73	0.00	269.90	-38.55
2	5A)M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-4.16	0.00	258.07	-45.30
3	5A)F2max Traz. - Elem.Plp.dx85 - Comb: 26-5A) c.1 M1 Y--	-1.66	0.00	242.10	-10.46
4	5A)F2max Comp. - Elem.Plp.dx204 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-1.07	0.00	7.73	-14.70

#### Armatura aggiuntiva

Parametri di sollecitazione:

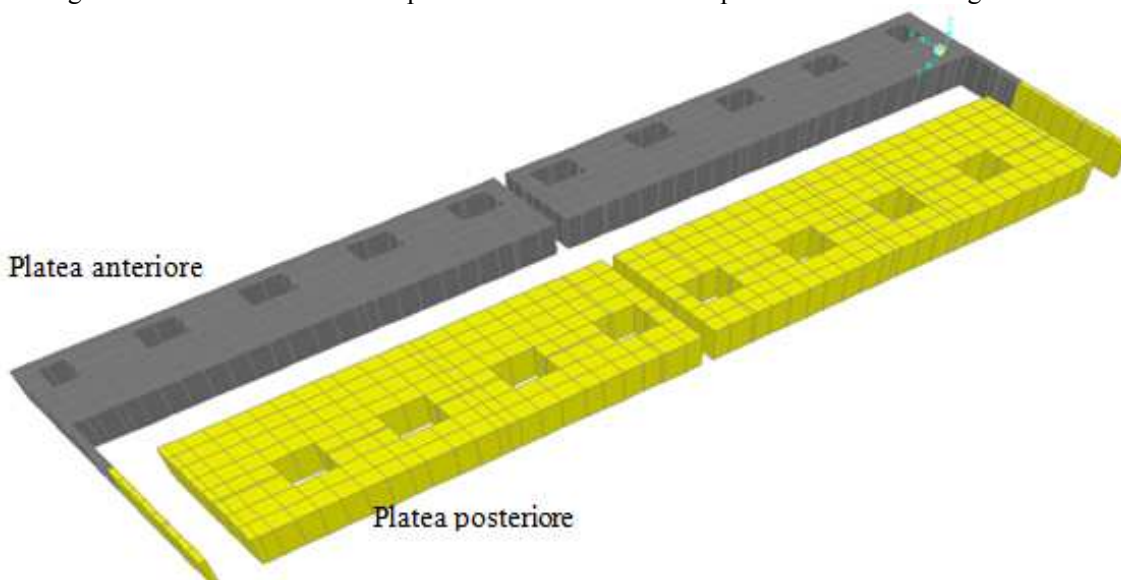
Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	114	0.00	0.00	1393	0
2	13	0.00	0.00	-743	0
3	973	0.00	0.00	937	0
4	-628	0.00	0.00	682	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	5A)M2max - Elem.Pla.dx28 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-5.08	0.00	254.55	-58.43
2	5A)M2min - Elem.Pla.sx194 - Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-2.74	0.00	171.56	-29.76
3	5A)F2max Traz. - Elem.Plp.dx1 - Comb: 26-5A) c.1 M1 Y--	-3.70	0.00	311.48	-35.49
4	5A)F2max Comp. - Elem.Pla.dx36 - Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-2.17	0.00	46.34	-28.32

### 7.5.3.7 VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica a taglio la platea è stata suddivisa in due parti, una posteriore ed una anteriore: nella prima è stata inserita un'armatura a taglio base costituita da degli spilli  $\phi 12$  60x20 mentre nella seconda è necessaria un'armatura a taglio superiore costituita da degli spilli  $\phi 12$  40x20. Di seguito si riporta un'immagine delle due diverse fasce di platea considerate e le corrispondenti verifiche a taglio.



#### Platea posteriore

Nella parte posteriore della platea il taglio massimo si manifesta in condizioni sismiche (Comb: 9-5A) c.1 M1 X-++) ed è pari a 1300 kN. Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	1328.63	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	1300.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	1328.63	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	3882.33	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	23.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	170.00	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	12	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	565.2	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe

$s$	=	60	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

### Platea anteriore

Nella parte anteriore della platea il taglio massimo si manifesta in condizioni sismiche (Comb: 2-5A) c.1 M1 X+-+) ed è pari a 1850 kN. Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

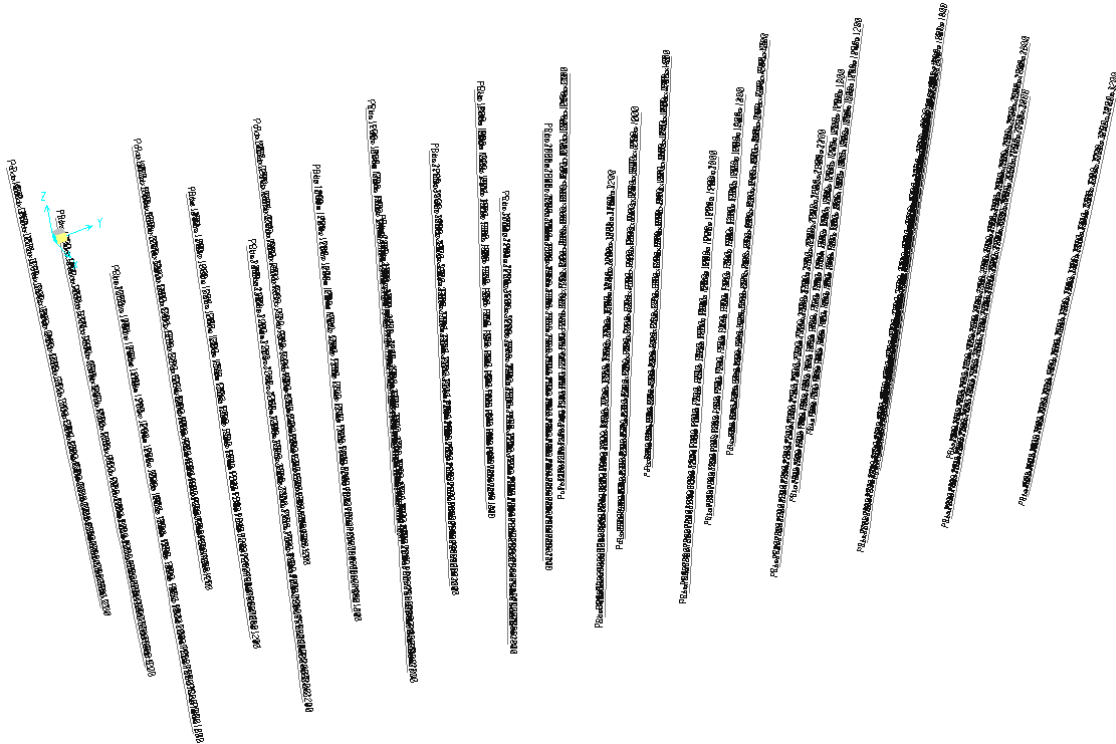
$V_{rd}$	=	1992.95	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	1850.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	1992.95	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	3882.33	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	23.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	170.00	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	12	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	565.2	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe
$s$	=	40	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

## 7.6 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE

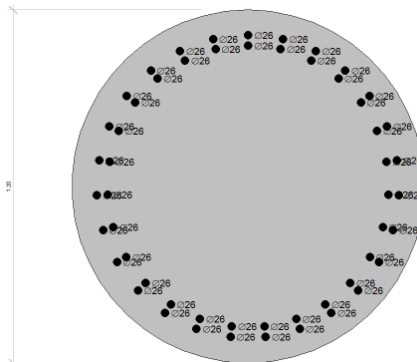
### 7.6.1 NUMERAZIONE ELEMENTI DEI PALI DI FONDAZIONE



### 7.6.2 ARMATURA ADOTTATA PER I PALI

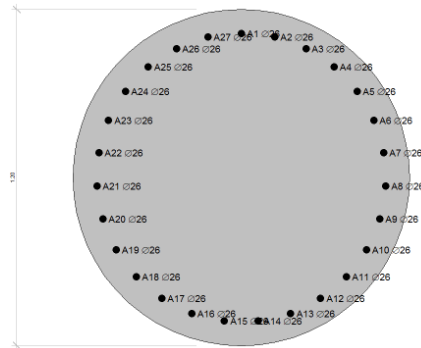
Diametro palo	$\phi=$	120,00	cm	
Area palo	$A_p=$	$\pi\phi^2/4=$	11304	cm <sup>2</sup>
Armatura palo 0-3m	$A_{a1}=$	27+27 $\phi$ 26	286.2	cm <sup>2</sup>
Copriferro fila esterna	$C_1=$	60+12+13=	85	mm
Copriferro fila interna	$C'_1=$	60+12+26+10+13=	121	mm
Armatura palo 3-9m	$A_{a2}=$	27 $\phi$ 26	143.1	cm <sup>2</sup>
Copriferro	$C_2=$	60+12+13=	85	mm
Armatura palo 9-20m	$A_{a3}=$	18 $\phi$ 20	56.52	cm <sup>2</sup>
Copriferro	$C_3=$	60+10+10=	80	mm

Da testa palo a -3m da testa palo

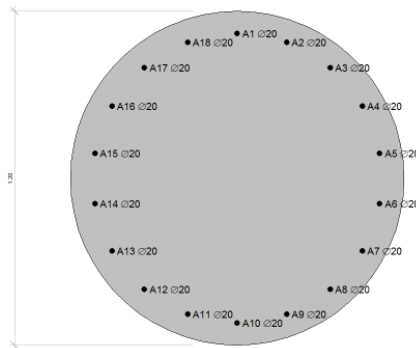




Da -3 a -9m



Da -9m a piede palo



### 7.6.3 VERIFICHE PALI

#### 7.6.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE

Da testa palo a -3m da testa palo

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

	Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N		-27135	-0.0035 (sez)	11219	0.01 (arm)
Mx		-4335	-0.0035 (sez)	4337	-0.0035 (sez)
My		-4339	-0.0035 (sez)	4339	-0.0035 (sez)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	M2max - Elem. N.Psx320 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-2809	0.00	0.00	1550	0
2	M2min - Elem. N.Pdx60 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-3180	0.00	0.00	2099	0
3	M3max - Elem. N.Pdx38 - Comb: 17b-1A) Ilc.1 V-A+ 1	-2756	0.00	0.00	26	0
4	M3min - Elem. N.Pdx200 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-4422	0.00	0.00	2263	0
5	Pmin Comp. - Elem. N.Pdx320 - Comb: 7-1A) Id.1 V-A+ 1	-1292	0.00	0.00	817	0
6	Pmax Comp. - Elem. N.Pdx98 - Comb: 18b-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-4808	0.00	0.00	16	0
7	smax - Elem. N.Pdx318 - Comb: Inv.SLU 1A)	-1377	0.00	0.00	51	0
8	smin - Elem. N.Pdx40 - Comb: Inv.SLU 1A)	-3822	0.00	0.00	2219	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.1191	sezione
2	2.3497	sezione
3	9.6342	sezione
4	2.1091	sezione
5	6.0096	sezione
6	5.6035	sezione
7	18.0221	sezione
8	2.1918	sezione

Da -3m a -9m

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

	Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
	N	-21525	-0.0035 (sez)	5609	0.01 (arm)
	Mx	-2454	-0.0035 (sez)	2455	-0.0035 (sez)
	My	-2456	-0.0035 (sez)	2456	-0.0035 (sez)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	M2max - Elem. N.Pdx35 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-3485	0.00	0.00	549	0
2	M2min - Elem. N.Pdx57 - Comb: 30-1A) Ild.1 V-A+ 2	-3252	0.00	0.00	59	0
3	M3max - Elem. N.Pdx193 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-4689	0.00	0.00	496	0
4	M3min - Elem. N.Psx317 - Comb: 58a-1A) Ilb.1 V+A+F- 2	-2600	0.00	0.00	140	0
5	Pmin Comp. - Elem. N.Pdx317 - Comb: 7-1A) Id.1 V-A+ 1	-1377	0.00	0.00	59	0
6	Pmax Comp. - Elem. N.Pdx92 - Comb: 18b-1A) Ila.1 V-A+ 2	-5037	0.00	0.00	359	0
7	smax - Elem. N.Pdx35 - Comb: Inv.SLU 1A)	-2506	0.00	0.00	549	0
8	smin - Elem. N.Pdx197 - Comb: Inv.SLU 1A)	-4578	0.00	0.00	125	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	4.2501	sezione
2	6.3520	sezione
3	3.5649	sezione
4	7.2815	sezione
5	14.1236	sezione
6	3.6035	sezione
7	5.0972	sezione
8	4.4110	sezione

Da -9m a piede palo

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

	Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
	N	-18129	-0.0035 (sez)	2213	0.01 (arm)
	Mx	-1027	0.01 (arm)	1027	0.01 (arm)
	My	-1026	0.01 (arm)	1026	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	M2max - Elem. N.Pdx31 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-3600	0.00	0.00	419	0
2	M2min - Elem. N.Psx311 - Comb: 2-1A) Ic.1 V+A+ 2	-2867	0.00	0.00	211	0
3	M3max - Elem. N.Pdx191 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-4766	0.00	0.00	397	0
4	M3min - Elem. N.Pdx121 - Comb: 18b-1A) Ila.1 V-A+ 2	-4904	0.00	0.00	0	0
5	Pmin Comp. - Elem. N.Pdx311 - Comb: 7-1A) Id.1 V-A+ 1	-1547	0.00	0.00	139	0
6	Pmax Comp. - Elem. N.Pdx81 - Comb: 18b-1A) Ila.1 V-A+ 2	-5457	0.00	0.00	0	0
7	smax - Elem. N.Pdx31 - Comb: Inv.SLU 1A)	-2591	0.00	0.00	419	0
8	smin - Elem. N.Pdx81 - Comb: 18b-1A) Ila.1 V-A+ 2	-5457	0.00	0.00	0	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.7937	sezione
2	5.2976	sezione
3	3.1116	sezione
4	3.6967	sezione
5	9.4261	sezione
6	3.3221	sezione
7	4.6933	sezione
8	3.3221	sezione

### 7.6.3.2 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE – DA TESTA PALO A -3M DA TESTA PALO

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2082	0.00	0.00	1150	0
2	-2344	0.00	0.00	1555	0
3	-2692	0.00	0.00	10	0
4	-3269	0.00	0.00	1677	0
5	-1303	0.00	0.00	829	0
6	-3548	0.00	0.00	12	0
7	-1388	0.00	0.00	60	0
8	-3269	0.00	0.00	1677	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1849	0.00	0.00	994	0
2	-2378	0.00	0.00	1379	0
3	-2689	0.00	0.00	7	0
4	-2879	0.00	0.00	1483	0
5	-1321	0.00	0.00	849	0
6	-3306	0.00	0.00	22	0
7	-1406	0.00	0.00	58	0
8	-2621	0.00	0.00	1450	0

**Sollecitazioni di progetto – q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1790	0.00	0.00	959	0
2	-2408	0.00	0.00	1271	0
3	-2614	0.00	0.00	19	0
4	-2684	0.00	0.00	1373	0
5	-1326	0.00	0.00	854	0
6	-3072	0.00	0.00	31	0
7	-1410	0.00	0.00	61	0
8	-2529	0.00	0.00	1337	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx320-Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-6.74	0.00	70.33	-87.56
2	M2min-Elem. N.Pdx60-Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-9.02	0.00	109.43	-115.90
3	M3max-Elem. N.Pdx38-Comb: 9b-2)Ila.1 V-A+	-1.77	-1.69	-25.40	-26.40
4	M3min-Elem. N.Pdx200-Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-9.89	0.00	95.86	-128.90
5	Pmin Comp. -Elem. N.Pdx320-Comb: 4-2)Id.1 V-A+	-4.82	0.00	56.67	-62.08
6	Pmax Comp. -Elem. N.Pdx98-Comb: 9b-2)Ila.1 V-A+	-2.32	-2.23	-33.54	-34.73
7	smax-Elem. N.Pdx318-Comb: 4-2)Id.1 V-A+	-1.12	-0.66	-10.36	-16.33
8	smin-Elem. N.Pdx200-Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-9.89	0.00	95.86	-128.90

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx320-Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-5.84	0.00	59.35	-75.94
2	M2min-Elem. N.Pdx60-Comb: 11-3)Ild.1 A+	-8.06	0.00	87.85	-104.38
3	M3max-Elem. N.Pdx38-Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-1.75	-1.70	-25.52	-26.22
4	M3min-Elem. N.Pdx200-Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-8.74	0.00	85.11	-113.93
5	Pmin Comp. -Elem. N.Pdx320-Comb: 4-3)Id.1 V-A+	-4.93	0.00	58.46	-63.50
6	Pmax Comp. -Elem. N.Pdx98-Comb: 8b-3)Ila.1 A+	-2.21	-2.04	-30.71	-32.90
7	smax-Elem. N.Pdx318-Comb: Inv.SLE 3)	-1.13	-0.68	-10.63	-16.41
8	smin-Elem. N.Pdx40-Comb: Inv.SLE 3)	-8.50	0.00	88.80	-110.38

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	M2max -Elem. N.Psx320 -Comb: 1-4)Ic.1 A+	-5.64	0.00	57.09	-73.30
2	M2min -Elem. N.Pdx60 -Comb: 2-4)Id.1 A+	-7.48	0.00	74.63	-97.33
3	M3max -Elem. N.Pdx38 -Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.75	-1.60	-24.20	-26.09
4	M3min -Elem. N.Pdx200 -Comb: 1-4)Ic.1 A+	-8.09	0.00	78.27	-105.58
5	Pmin Comp. -Elem. N.Pdx320 -Comb: 2-4)Id.1 A+	-4.96	0.00	58.89	-63.86
6	Pmax Comp. -Elem. N.Pdx98 -Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.09	-1.85	-28.01	-31.10
7	smax -Elem. N.Pdx318 -Comb: Inv.SLE 4)	-1.14	-0.67	-10.52	-16.59
8	smin -Elem. N.Pdx40 -Comb: Inv.SLE 4)	-7.86	0.00	78.62	-102.37

### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

#### Combinazione frequente: M2max -Elem. N.Psx320 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+

asse neutro: da  $x=-596.40$   $y=64.68$  a  $x=596.40$   $y=64.68$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{c,s,eff} = 183293.18 \quad \rho_{eff} = 0.0406$$

Tensione baricentrica = 50.11

Copriferro = 72.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000147$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 353.7943$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0519$  ( $< 0.3000$ )

#### Combinazione frequente: M2min -Elem. N.Pdx60 -Comb: 11-3) IIId.1 A+

asse neutro: da  $x=-597.60$   $y=45.86$  a  $x=597.60$   $y=45.86$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{c,s,eff} = 189537.27 \quad \rho_{eff} = 0.0392$$

Tensione baricentrica = 74.72

Copriferro = 72.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000219$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 357.5074$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0782$  ( $< 0.3000$ )

#### Combinazione frequente: M3max -Elem. N.Pdx38 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{c,s,eff} = 189537.27 \quad \rho_{eff} = 0.0392$$

Tensione baricentrica = -25.57

Copriferro = 72.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: M3min -Elem. N.Pdx200 -Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x = -594.60$   $y = 76.07$  a  $x = 594.60$   $y = 76.07$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$A_{cls,eff} = 179534.61$   $\rho_{eff} = 0.0414$

Tensione baricentrica = 71.50

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000209$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 351.5593$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0736$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmin Comp. -Elem. N.Pdx320 -Comb: 4-3) Id.1 V-A+**

asse neutro: da  $x = -598.80$   $y = 22.99$  a  $x = 598.80$   $y = 22.99$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$A_{cls,eff} = 197198.90$   $\rho_{eff} = 0.0377$

Tensione baricentrica = 50.12

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000147$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 362.0633$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0531$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmax Comp. -Elem. N.Pdx98 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$A_{cls,eff} = 197198.90$   $\rho_{eff} = 0.0377$

Tensione baricentrica = -30.86

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smax -Elem. N.Pdx318 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cfs,eff} = 197198.90 \quad \rho_{eff} = 0.0377$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -11.02$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione frequente: smin -Elem. N.Pdx40 -Comb: Inv.SLE 3)**

$$\text{asse neutro: da } x=-596.99 \quad y=57.35 \quad \text{a } x=596.99 \quad y=57.35$$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cfs,eff} = 185718.49 \quad \rho_{eff} = 0.0400$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 75.19$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000220 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 355.2365$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0782 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M2max -Elem. N.Psx320 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-596.26 \quad y=65.57 \quad \text{a } x=596.26 \quad y=65.57$$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cfs,eff} = 182998.98 \quad \rho_{eff} = 0.0406$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 48.18$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000141 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 353.6194$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0499 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M2min -Elem. N.Pdx60 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-595.64 \quad y=69.49 \quad \text{a } x=595.64 \quad y=69.49$$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cfs,eff} = 181701.83 \quad \rho_{eff} = 0.0409$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 62.88$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000184$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 352.8481$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0649$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M3max -Elem. N.Pdx38 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cls,eff} = 181701.83 \quad \rho_{eff} = 0.0409$$

Tensione baricentrica = -24.33

Copriferro = 72.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M3min -Elem. N.Pdx200 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -594.30$   $y = 77.98$  a  $x = 594.30$   $y = 77.98$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cls,eff} = 178907.68 \quad \rho_{eff} = 0.0415$$

Tensione baricentrica = 65.70

Copriferro = 72.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000192$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 351.1865$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0675$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmin Comp. -Elem. N.Pdx320 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -598.82$   $y = 22.55$  a  $x = 598.82$   $y = 22.55$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cls,eff} = 197345.52 \quad \rho_{eff} = 0.0377$$

Tensione baricentrica = 50.50

Copriferro = 72.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000148$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 362.1505$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0535$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmax Comp. -Elem. N.Pdx98 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cs,eff} = 197345.52 \quad \rho_{eff} = 0.0377$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -28.22$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smax -Elem. N.Pdx318 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cs,eff} = 197345.52 \quad \rho_{eff} = 0.0377$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.93$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smin -Elem. N.Pdx40 -Comb: Inv.SLE 4)**

asse neutro: da  $x=-595.71$   $y=69.07$  a  $x=595.71$   $y=69.07$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cs,eff} = 181841.75 \quad \rho_{eff} = 0.0409$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 66.26$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000194$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 352.9313$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0684$  ( $<0.3000$ )

### 7.6.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE – DA -3 A -9M

**Sollecitazioni di progetto – rara**



Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2566	0.00	0.00	406	0
2	-2429	0.00	0.00	46	0
3	-3467	0.00	0.00	368	0
4	-1907	0.00	0.00	104	0
5	-1388	0.00	0.00	60	0
6	-3718	0.00	0.00	266	0
7	-2566	0.00	0.00	406	0
8	-3385	0.00	0.00	84	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2651	0.00	0.00	345	0
2	-2463	0.00	0.00	47	0
3	-3077	0.00	0.00	316	0
4	-2039	0.00	0.00	95	0
5	-1406	0.00	0.00	61	0
6	-3476	0.00	0.00	244	0
7	-2621	0.00	0.00	345	0
8	-3306	0.00	0.00	47	0

**Sollecitazioni di progetto – q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2699	0.00	0.00	311	0
2	-2493	0.00	0.00	50	0
3	-2882	0.00	0.00	288	0
4	-1874	0.00	0.00	90	0
5	-1410	0.00	0.00	61	0
6	-3242	0.00	0.00	234	0
7	-2658	0.00	0.00	311	0
8	-3072	0.00	0.00	47	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	M2max-Elem. N.Pdx35-Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	-3.78	-0.03	-4.50	-52.62
2	M2min-Elem. N.Pdx57-Comb: 14a-2) IId.1 V+A+	-2.02	-1.59	-24.38	-29.83
3	M3max-Elem. N.Pdx194-Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	-4.28	-0.88	-16.82	-60.43
4	M3min-Elem. N.Psx317-Comb: 29a-2) IIIb.1 V+A+F-	-1.90	-0.94	-15.10	-27.43
5	Pmin Comp.-Elem. N.Pdx317-Comb: 4-2) Id.1 V-A+	-1.31	-0.76	-11.92	-19.03
6	Pmax Comp.-Elem. N.Pdx92-Comb: 9b-2) IIa.1 V-A+	-3.99	-1.54	-25.68	-57.21
7	smax-Elem. N.Pdx35-Comb: 13b-2) Ilc.1 V-A+	-3.78	-0.03	-4.50	-52.62
8	smin-Elem. N.Pdx197-Comb: 9b-2) IIa.1 V-A+	-2.91	-2.13	-32.79	-42.74

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	M2max-Elem. N.Pdx35-Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-3.57	-0.38	-9.08	-49.96
2	M2min-Elem. N.Pdx57-Comb: 11-3) IId.1 A+	-2.05	-1.62	-24.70	-30.27
3	M3max-Elem. N.Pdx194-Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-3.75	-0.83	-15.56	-53.00
4	M3min-Elem. N.Psx317-Comb: 9a-3) IIb.1 A+	-1.96	-1.08	-17.11	-28.37
5	Pmin Comp.-Elem. N.Pdx317-Comb: 4-3) Id.1 V-A+	-1.33	-0.76	-12.07	-19.29
6	Pmax Comp.-Elem. N.Pdx92-Comb: 8b-3) IIa.1 A+	-3.71	-1.46	-24.29	-53.21
7	smax-Elem. N.Pdx35-Comb: Inv.SLE 3)	-3.54	-0.36	-8.74	-49.63
8	smin-Elem. N.Pdx97-Comb: Inv.SLE 3)	-2.68	-2.24	-34.10	-39.67

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max -Elem. N.Pdx35 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-3.44	-0.57	-11.63	-48.49
2	M2min -Elem. N.Pdx57 -Comb: 2-4) Id.1 A+	-2.09	-1.62	-24.85	-30.78
3	M3max -Elem. N.Pdx194 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-3.47	-0.81	-15.04	-49.17
4	M3min -Elem. N.Psx317 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-1.81	-0.98	-15.57	-26.23
5	Pmin Comp. -Elem. N.Pdx317 -Comb: 2-4) Id.1 A+	-1.33	-0.77	-12.11	-19.34
6	Pmax Comp. -Elem. N.Pdx92 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-3.49	-1.33	-22.27	-50.00
7	smax -Elem. N.Pdx35 -Comb: Inv.SLE 4)	-3.41	-0.54	-11.18	-48.03
8	smin -Elem. N.Pdx97 -Comb: Inv.SLE 4)	-2.50	-2.07	-31.49	-37.06

### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

#### Combinazione frequente: M2max -Elem. N.Pdx35 -Comb: 10-3) IIc.1 A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$$A_{cs,eff} = 214814.25 \quad \rho_{eff} = 0.0222$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -12.59$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

#### Combinazione frequente: M2min -Elem. N.Pdx57 -Comb: 11-3) IID.1 A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$$A_{cs,eff} = 214814.25 \quad \rho_{eff} = 0.0222$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -25.17$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000074 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 443.5038$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

#### Combinazione frequente: M3max -Elem. N.Pdx194 -Comb: 10-3) IIc.1 A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$$A_{cs,eff} = 214814.25 \quad \rho_{eff} = 0.0222$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -18.77$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: M3min -Elem. N.Psx317 -Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cls,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -18.08

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmin Comp. -Elem. N.Pdx317 -Comb: 4-3) Id.1 V-A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cls,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -12.69

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmax Comp. -Elem. N.Pdx92 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cls,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -26.77

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smax -Elem. N.Pdx35 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cls,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -12.25

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = -0.000036$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 443.5038$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smin -Elem. N.Pdx97 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cs,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -34.58

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = -0.000101$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 443.5038$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2max -Elem. N.Pdx35 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cs,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -14.80

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = -0.000043$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 443.5038$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2min -Elem. N.Pdx57 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cs,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -25.36

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = -0.000074$  Distanza fessure  $\Delta_{s\ max} = 443.5038$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M3max -Elem. N.Pdx194 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cs,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -17.97

Copri ferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M3min -Elem. N.Psx317 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cs,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -16.48

Copri ferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = -0.000048$  Distanza fessure  $\Delta_{s\ max} = 443.5038$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmin Comp. -Elem. N.Pdx317 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$A_{cs,eff} = 214814.25$   $\rho_{eff} = 0.0222$

Tensione baricentrica = -12.73

Copri ferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmax Comp. -Elem. N.Pdx92 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$$A_{c_{ls,eff}} = 214814.25 \quad \rho_{eff} = 0.0222$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -24.65$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: smax -Elem. N.Pdx35 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$$A_{c_{ls,eff}} = 214814.25 \quad \rho_{eff} = 0.0222$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -14.34$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: smin -Elem. N.Pdx97 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 4778.36

$$A_{c_{ls,eff}} = 214814.25 \quad \rho_{eff} = 0.0222$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -31.97$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

#### **7.6.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE – DA -9 A PIEDE PALO**

**Sollecitazioni di progetto – rara**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2650	0.00	0.00	310	0
2	-2122	0.00	0.00	157	0
3	-3524	0.00	0.00	294	0
4	-3623	0.00	0.00	0	0
5	-1558	0.00	0.00	141	0
6	-4029	0.00	0.00	0	0
7	-2650	0.00	0.00	310	0
8	-4029	0.00	0.00	0	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2736	0.00	0.00	267	0
2	-2060	0.00	0.00	152	0
3	-3134	0.00	0.00	255	0
4	-3456	0.00	0.00	0	0
5	-1576	0.00	0.00	144	0
6	-3787	0.00	0.00	0	0
7	-1576	0.00	0.00	160	0
8	-3787	0.00	0.00	0	0

**Sollecitazioni di progetto – q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2783	0.00	0.00	243	0
2	-2044	0.00	0.00	151	0
3	-2938	0.00	0.00	234	0
4	-2996	0.00	0.00	0	0
5	-1580	0.00	0.00	144	0
6	-3553	0.00	0.00	0	0
7	-1580	0.00	0.00	151	0
8	-3553	0.00	0.00	0	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Pdx31-Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-3.83	-0.54	-11.33	-54.17
2	M2min-Elem. N.Psx311-Comb: 1-2)Ic.1 V+A+	-2.58	-0.91	-15.38	-37.07
3	M3max-Elem. N.Pdx191-Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-4.47	-1.34	-23.24	-63.87
4	M3min-Elem. N.Pdx121-Comb: 9b-2)IIa.1 V-A+	-2.99	-2.99	-44.78	-44.78
5	Pmin Comp.-Elem. N.Pdx311-Comb: 4-2)Id.1 V-A+	-2.03	-0.53	-9.51	-29.00
6	Pmax Comp.-Elem. N.Pdx81-Comb: 9b-2)IIa.1 V-A+	-3.32	-3.32	-49.79	-49.79
7	smax-Elem. N.Pdx31-Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	-3.83	-0.54	-11.33	-54.17
8	smin-Elem. N.Pdx81-Comb: 9b-2)IIa.1 V-A+	-3.32	-3.32	-49.79	-49.79

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Pdx31-Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-3.68	-0.83	-15.33	-52.29
2	M2min-Elem. N.Psx311-Comb: 1-3)Ic.1 V+A+	-2.51	-0.89	-14.93	-35.98
3	M3max-Elem. N.Pdx191-Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-3.94	-1.22	-21.08	-56.38
4	M3min-Elem. N.Pdx121-Comb: 8b-3)IIa.1 A+	-2.85	-2.85	-42.72	-42.72
5	Pmin Comp.-Elem. N.Pdx311-Comb: 4-3)Id.1 V-A+	-2.06	-0.53	-9.54	-29.40
6	Pmax Comp.-Elem. N.Pdx81-Comb: 8b-3)IIa.1 A+	-3.12	-3.12	-46.80	-46.80
7	smax-Elem. N.Pdx311-Comb: Inv.SLE3)	-2.15	-0.45	-8.41	-30.54
8	smin-Elem. N.Pdx81-Comb: 8b-3)IIa.1 A+	-3.12	-3.12	-46.80	-46.80

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Pdx31-Comb: 1-4)Ic.1 A+	-3.59	-1.00	-17.59	-51.21
2	M2min-Elem. N.Psx311-Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.49	-0.88	-14.82	-35.71
3	M3max-Elem. N.Pdx191-Comb: 1-4)Ic.1 A+	-3.66	-1.18	-20.17	-52.46
4	M3min-Elem. N.Pdx121-Comb: 2-4)Id.1 A+	-2.47	-2.47	-37.02	-37.02
5	Pmin Comp.-Elem. N.Pdx311-Comb: 2-4)Id.1 A+	-2.07	-0.53	-9.55	-29.51
6	Pmax Comp.-Elem. N.Pdx81-Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.93	-2.93	-43.91	-43.91
7	smax-Elem. N.Pdx311-Comb: Inv.SLE 4)	-2.10	-0.50	-9.09	-29.97
8	smin-Elem. N.Pdx81-Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.93	-2.93	-43.91	-43.91

### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

#### Combinazione frequente: M2max -Elem. N.Pdx31 -Comb: 10-3) Ic.1 A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -17.51$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

#### Combinazione frequente: M2min -Elem. N.Psx311 -Comb: 1-3) Ic.1 V+A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -16.17$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

#### Combinazione frequente: M3max -Elem. N.Pdx191 -Comb: 10-3) Ic.1 A+

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -23.16$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$



Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: M3min -Elem. N.Pdx121 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c,ls,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -42.72$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmin Comp. -Elem. N.Pdx311 -Comb: 4-3) Id.1 V-A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c,ls,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.71$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmax Comp. -Elem. N.Pdx81 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c,ls,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -46.80$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smax -Elem. N.Pdx311 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c,ls,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -9.71$$

Copriferro = 70.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smin -Elem. N.Pdx81 -Comb: 8b-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 180405.12$   $\rho_{eff} = 0.0087$

Tensione baricentrica = -46.80

Copriferro = 70.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2max -Elem. N.Pdx31 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 180405.12$   $\rho_{eff} = 0.0087$

Tensione baricentrica = -19.57

Copriferro = 70.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2min -Elem. N.Psx311 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 180405.12$   $\rho_{eff} = 0.0087$

Tensione baricentrica = -16.05

Copriferro = 70.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M3max -Elem. N.Pdx191 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cfs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -22.07$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3min -Elem. N.Pdx121 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cfs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -37.02$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: Pmin Comp. -Elem. N.Pdx311 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cfs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.72$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: Pmax Comp. -Elem. N.Pdx81 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cfs,eff} = 180405.12 \quad \rho_{eff} = 0.0087$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -43.91$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smax -Elem. N.Pdx311 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 180405.12$   $\rho_{eff} = 0.0087$

Tensione baricentrica = -10.32

Copriferro = 70.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smin -Elem. N.Pdx81 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 180405.12$   $\rho_{eff} = 0.0087$

Tensione baricentrica = -43.91

Copriferro = 70.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = -0.000129$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 628.4882$

Ampiezza fessure  $w_d = -0.0808$  ( $< 0.3000$ )

### 7.6.3.5 VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (SISMA)

Da testa palo a -3m da testa palo

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	-4243	0.00	0.00	1569	0
2	-1966	0.00	0.00	2495	0
3	-1924	0.00	0.00	1271	0
4	-4890	0.00	0.00	2400	0
5	923	0.00	0.00	833	0
6	-5860	0.00	0.00	224	0
7	923	0.00	0.00	1472	0
8	-5410	0.00	0.00	1480	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	M2max-Elem. N.Psx80 -Comb: 18-5A) c.1 M1 Y++	-9.54	0.00	59.70	-126.97
2	M2min-Elem. N.Pdx60 -Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-14.06	0.00	235.90	-175.46
3	M3max-Elem. N.Pdx260 -Comb: 10-5A) c.1 M1 X--	-7.38	0.00	89.19	-94.78
4	M3min-Elem. N.Pdx200 -Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-14.19	0.00	131.28	-185.58
5	Pmax Traz. -Elem. N.Psx200 -Comb: 13-5A) d.1 M1 X++	-4.03	0.00	139.58	-44.58
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx158 -Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	-4.63	-2.89	-45.19	-67.50
7	smax-Elem. N.Psx200 -Comb: Inv.SLV 5A)	-7.52	0.00	218.29	-86.51
8	smin-Elem. N.Pdx40 -Comb: Inv.SLV 5A)	-9.50	0.00	29.63	-128.79

Da -3m a -9m

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2852	0.00	0.00	691	0
2	-3021	0.00	0.00	420	0
3	-777	0.00	0.00	662	0
4	-4398	0.00	0.00	400	0
5	838	0.00	0.00	176	0
6	-6030	0.00	0.00	198	0
7	-529	0.00	0.00	819	0
8	-5945	0.00	0.00	474	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	M2max-Elem. N.Pdx34 -Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-5.44	0.00	12.68	-74.18
2	M2min-Elem. N.Psx14 -Comb: 18-5A) c.1 M1 Y++	-4.19	-0.31	-8.75	-58.52
3	M3max-Elem. N.Pdx34 -Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-5.08	0.00	90.62	-62.98
4	M3min-Elem. N.Pdx155 -Comb: 10-5A) c.1 M1 X--	-5.12	-1.43	-25.31	-72.71
5	Pmax Traz. -Elem. N.Psx197 -Comb: 13-5A) d.1 M1 X++	0.19	0.00	106.14	11.10
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx152 -Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	-5.40	-3.57	-55.53	-78.99
7	smax-Elem. N.Pdx34 -Comb: Inv.SLV 5A)	-6.32	0.00	142.48	-75.92
8	smin-Elem. N.Psx155 -Comb: Inv.SLV 5A)	-6.61	-2.23	-38.17	-94.34

Da -9m a piede palo

Parametri di sollecitazione:

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2937	0.00	0.00	514	0
2	-4042	0.00	0.00	293	0
3	-5192	0.00	0.00	484	0
4	-2178	0.00	0.00	268	0
5	668	0.00	0.00	214	0
6	-6341	0.00	0.00	0	0
7	249	0.00	0.00	550	0
8	-6030	0.00	0.00	323	0

Tensioni massime nei materiali:

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	M2max-Elem. N.Pdx31 -Comb: 25-5A) c.1 M1 Y++	-5.16	0.00	-0.63	-71.88
2	M2min-Elem. N.Psx31 -Comb: 18-5A) c.1 M1 Y++	-4.88	-1.78	-29.74	-70.16
3	M3max-Elem. N.Pdx191 -Comb: 2-5A) c.1 M1 X++	-6.85	-1.71	-30.75	-97.58
4	M3min-Elem. N.Pdx251 -Comb: 10-5A) c.1 M1 X--	-3.22	-0.37	-8.41	-45.43
5	Pmax Traz. -Elem. N.Psx191 -Comb: 13-5A) d.1 M1 X++	-1.83	0.00	256.62	-7.23
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx141 -Comb: 9-5A) c.1 M1 X++	-5.22	-5.22	-78.36	-78.36
7	smax-Elem. N.Pdx191 -Comb: Inv.SLV 5A)	-6.87	0.00	338.98	-71.49
8	smin-Elem. N.Psx151 -Comb: Inv.SLV 5A)	-6.68	-3.25	-52.23	-96.81

### 7.6.3.6 VERIFICHE A TAGLIO

#### Da testa palo a -4 da testa palo

La massima sollecitazione a taglio per i pali del fusto/paraghiaia, nel tratto da testa palo a 3m di profondità, è stata individuata in condizioni sismiche ed è pari a  $T=1212\text{kN}$  (Comb: 2-5A) c.1 M1 X+-+).

Poichè da normativa si richiede che la sollecitazione di taglio in condizioni sismiche comporti una tensione nelle strutture che rimanga in campo elastico, si è provveduto alla riduzione della Resistenza di calcolo a "taglio trazione" ( $V_{rsd}$ ) e della Resistenza di calcolo a "taglio compressione" ( $V_{rcd}$ ) del coefficiente 1.25.

La verifica quindi porge:

$V_{rd}$	=	1233.04	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	1212.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	1233.04	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	1991.23	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	30.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b_w$	=	108.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	83.82	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	12	mm	Diametro staffe
		2	n°	n°braccia staffe
$A_{sw}$	=	226.08	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
$s$	=	7.5	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

#### Da -4 a piede palo

La massima sollecitazione a taglio per i pali del fusto/paraghiaia, nel tratto da 3m di profondità fino a piede palo, è stata individuata in condizione sismiche ed è pari a  $T=201\text{kN}$  (Comb: 26-5A) c.1 M1 Y--+).

Poiché da normativa si richiede che la sollecitazione di taglio in condizioni sismiche comporti una tensione nelle strutture che rimanga in campo elastico, si è provveduto alla riduzione della Resistenza di calcolo a "taglio trazione" ( $V_{rsd}$ ) e della Resistenza di calcolo a "taglio compressione" ( $V_{rcd}$ ) del coefficiente 1.25.

La verifica quindi porge:

$V_{rd}$	=	331.89	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	201.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	331.89	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	2058.13	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	30.00	°
$b_w$	=	108.00	cm
$d$	=	86.64	cm

Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave

Larghezza utile della sezione

Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	10	mm
		2	n°
$A_{sw}$	=	157	mm <sup>2</sup>
$s$	=	20	cm
$\alpha$	=	90	°
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>

Diametro staffe

n°braccia staffe

Area armatura trasversale

Interasse tra due armature trasversali consecutive

angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

### 7.6.4 VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE DEI PALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1).

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R2).

Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R3).

Si prevede una lunghezza dei pali di fondazione pari a 20.00m.

Lunghezza dei pali: L=20.00m.

#### CARICO DI PROGETTO Ed

	Ed,Compressione	Ed,Trazione
	kN	kN
APP.1-COMB1 SLU	4732	
APP.1-COMB2 SLU	3564	
APP.1-COMB2 SLV	5804	923

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

in cui:

- $R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$ : Resistenza alla punta di progetto
- $R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ : Resistenza laterale di progetto
- $R_{bk} = R_{bm} / \zeta$ : Resistenza alla punta caratteristica
- $R_{sk} = R_{sm} / \zeta$ : Resistenza laterale caratteristica
- $R_{bm} = Q_b$ : Resistenza media alla punta
- $R_{sm} = Q_s$ : Resistenza media laterale
- $W_p$ : peso proprio del palo alleggerito

**PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi < 0$ )**

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(\*)</sup>:

$$q_b = N_q^* \times \sigma_v \quad \text{con:} \quad N_q^*: \text{coefficiente di capacit  portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

$N_q^*$    dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per  $q_b$  il valore limite di  $q_{b,lim}$ .

**Terreni coesivi (c > 0)**

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \sigma_v + 9 c_u$$

**RESISTENZA LATERALE UNITARIA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi < 0$ )**

$$q_s = K \tan \delta \sigma_v \quad \text{con:} \quad K \text{ assunto pari a } 1 - \sin \phi$$

$$\tan \delta = \tan \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**Terreni coesivi (c > 0)**

$q_s = \alpha c_u$  con:  $\alpha$  variabile in funzione di  $c_u$  secondo la seguente tabella (AGI - 1984)

cu (kPa)	$\alpha$
<=25	0.9
da 25 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

unit 

Diametro palo	m	<b>1.20</b>
Superficie resistente alla punta	mq	<b>1.13</b>
Superficie laterale per lunghezza unitaria	mq	<b>3.77</b>
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	<b>25.00</b>

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)**

n.	DESCRIZIONE	DA	A	cu	$\phi'$	$\gamma$
1	Ghiaia sabbiosa umida	0.0	-9.0	0.0	40.0	19.0
2	Ghiaia sabbiosa nocciola	-9.0	-35.0	0.0	40.0	19.0



**FALDA**

unità

Quota livello falda da q.t.p.	m	35.00
-------------------------------	---	-------

**SOVRACCARICO A Q.T.P.**

Tensione totale in testa palo	kN/m <sup>2</sup>	91.2
Tensione efficace in testa palo		91.2

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Tipo di Palo	t	Trivellato
coefficiente $\gamma_b$		1.00
coefficiente $\gamma_s$		1.00
coefficiente $\gamma_{a1}$		1.00
coefficiente $\zeta$		1.65

**CARICO DI PROGETTO Ed**

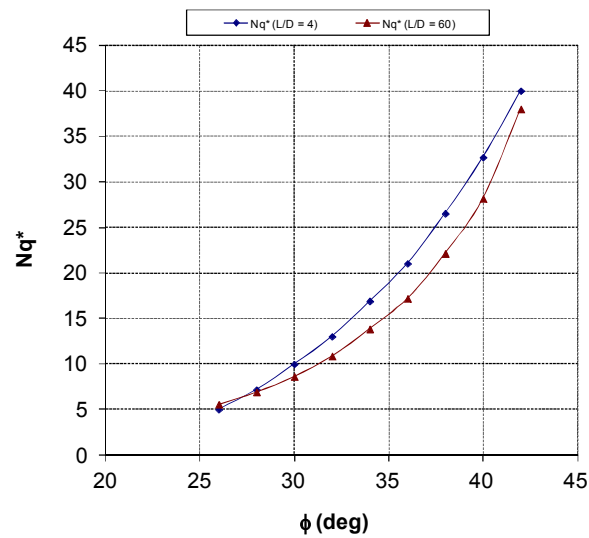
Ed, Cor Ed, Trazione  
kN kN

APP.1-COMB1 SLU	4732	
APP.1-COMB2 SLU	3564	
APP.1-COMB2 SLV	5804	923

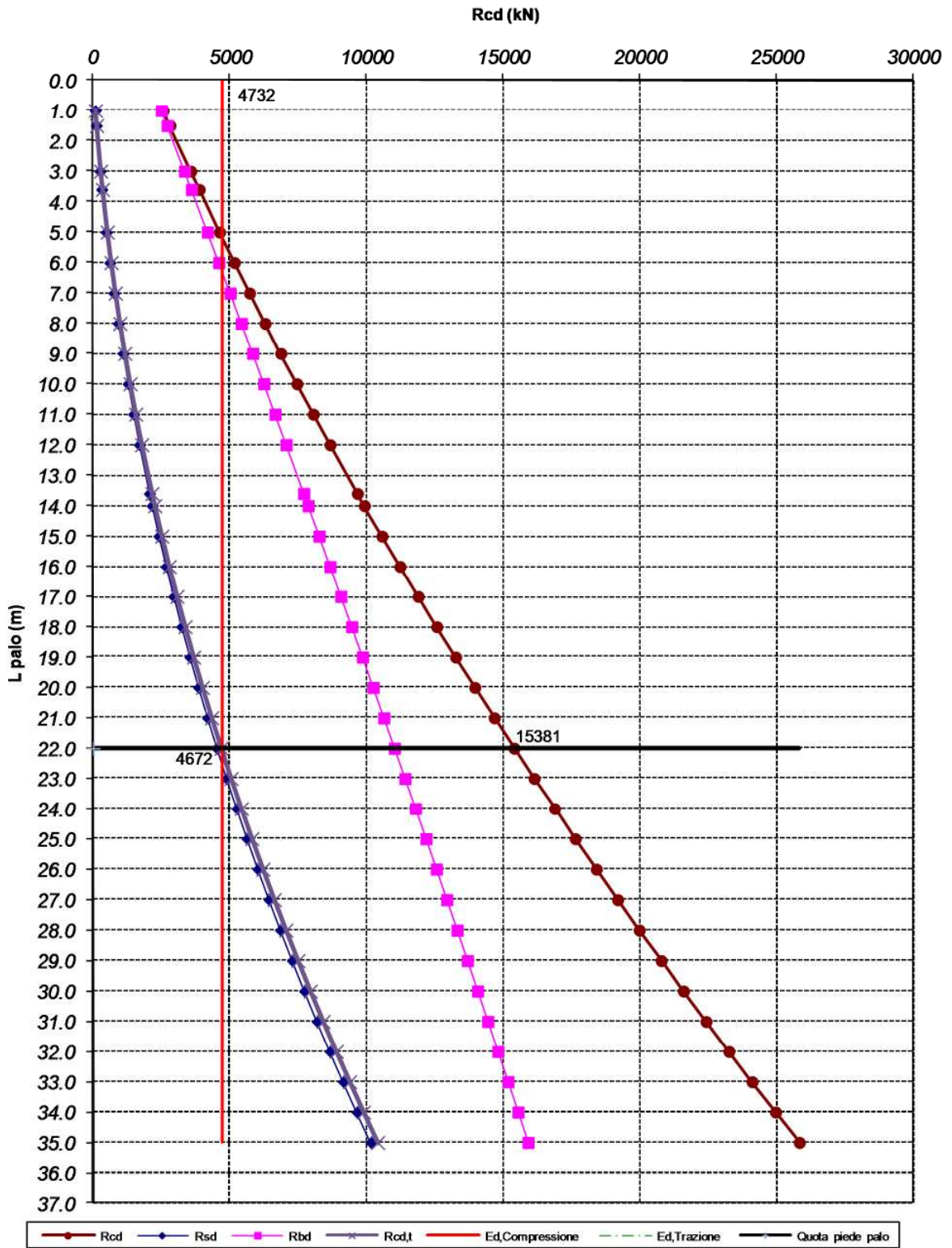
Lunghezza palo di progetto	m	20.00
Profondità testa palo		2.00
<b>Quota piede palo</b>		<b>22.00</b>

PROFONDITA' INDAGATA	Red
quota minima	0.00
quota massima	35.00
	25810

**Coefficiente  $Nq^*$  corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche alla punta**



**Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza  
APP.1 COMB.1 - SLU (A1-M1-R1)**



**CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO COMPRESSO (D.M. 14.01.2008) - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M1-R2) - SLU-SLE**

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

in cui:

- $R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$ : Resistenza alla punta di progetto
- $R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ : Resistenza laterale di progetto
- $R_{bk} = R_{bm} / \zeta$ : Resistenza alla punta caratteristica
- $R_{sk} = R_{sm} / \zeta$ : Resistenza laterale caratteristica
- $R_{bm} = Q_b$ : Resistenza media alla punta
- $R_{sm} = Q_s$ : Resistenza media laterale
- $W_p$ : peso proprio del palo alleggerito

**PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi <> 0$ )**

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(1)</sup>:

$$q_b = N_q^* \times \sigma_v \quad \text{con:} \quad N_q^*: \text{coefficiente di capacit\`a portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

$N_q^*$  \u00e8 dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per  $q_b$  il valore limite di  $q_{b,lim}$ .

**Terreni coesivi (c > 0)**

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \sigma_v + 9 c_u$$

**RESISTENZA LATERALE UNITARIA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi <> 0$ )**

$$q_s = K \tan \delta \sigma_v \quad \text{con:} \quad K \text{ assunto pari a } 1 - \text{sen } \phi$$

$$\tan \delta = \tan \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**Terreni coesivi (c > 0)**

$$q_s = \alpha c_u \quad \text{con:} \quad \alpha \text{ variabile in funzione di } c_u \text{ secondo la seguente tabella (AGI - 1984)}$$

cu (kPa)	$\alpha$
<=25	0.9
da 25 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

unit\`a

Diametro palo	m	<b>1.20</b>
Superficie resistente alla punta	m <sup>2</sup>	<b>1.13</b>
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	<b>3.77</b>
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	<b>25.00</b>

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)**

n.	DESCRIZIONE	DA	A
1	Ghiaia sabbiosa umida	0.0	-9.0
2	Ghiaia sabbiosa nocciola	-9.0	-35.0
3	0	0.0	0.0
4	0	0.0	0.0
5	0	0.0	0.0

**FALDA**

unit\`a

Quota livello falda da q.t.p.	m	35.00
-------------------------------	---	-------

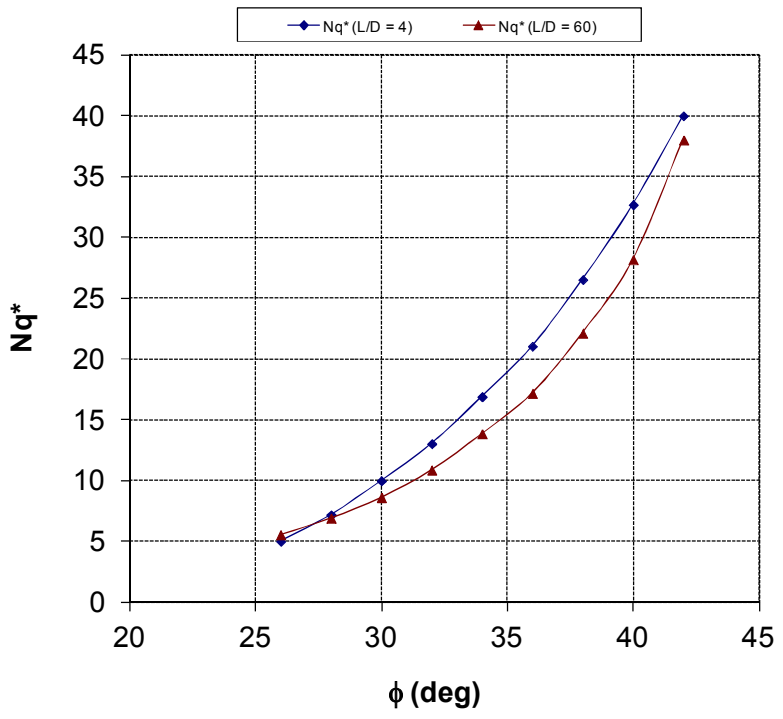
**SOVRACCARICO A Q.T.P.**

Tensione totale in testa palo	kN/m <sup>2</sup>	91.2
Tensione efficace in testa palo		91.2

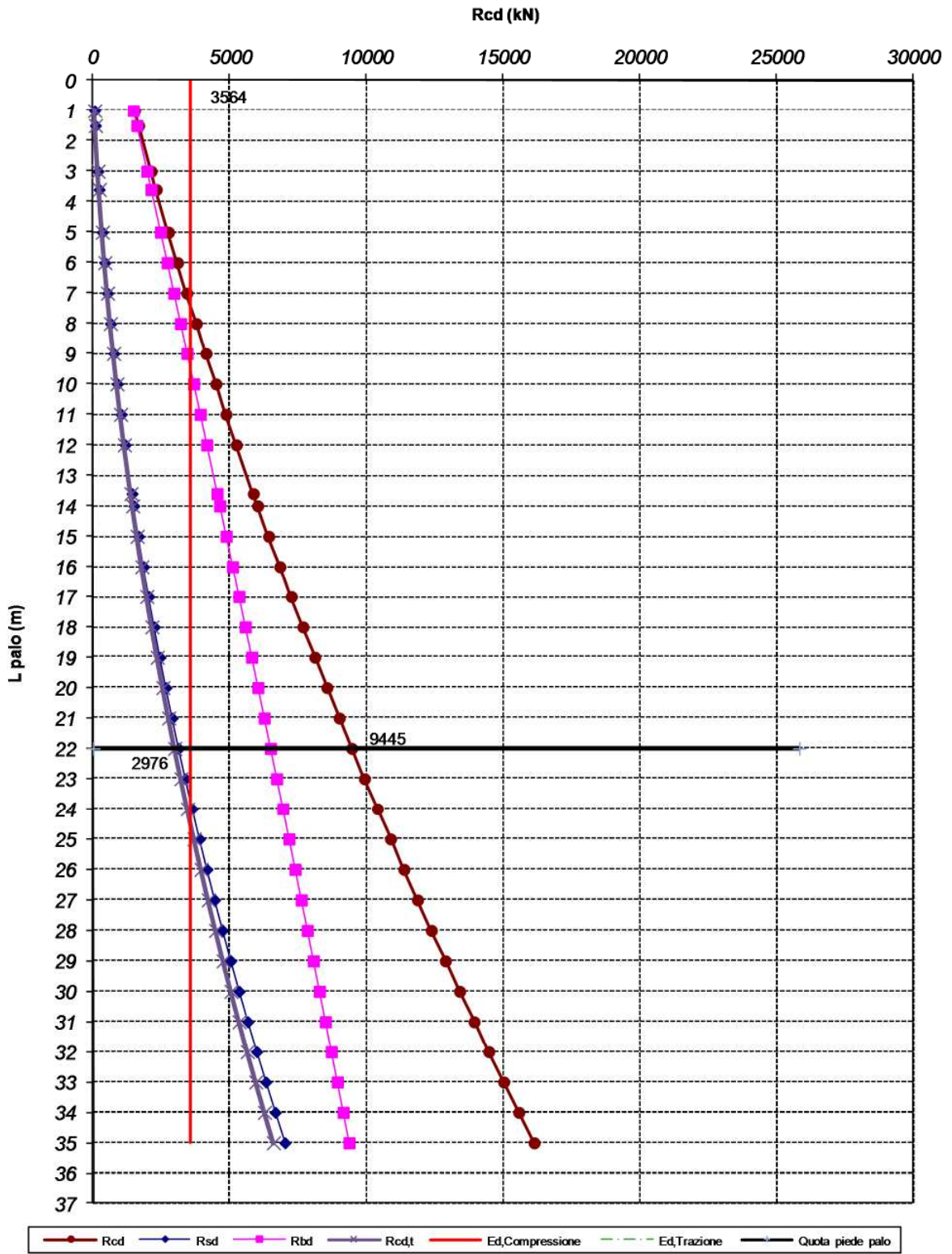
**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Tipo di Palo	t	Trivellato
coefficiente $\gamma_b$		1.70
coefficiente $\gamma_s$		1.45
coefficiente $\gamma_{st}$		1.60
coefficiente $\zeta$		1.65

**Coefficiente  $Nq^*$  corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche alla punta**



**Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza  
APP.1 COMB.2 - SLU-SLE (A2-M1-R2)**



**CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO COMPRESSO (D.M. 14.01.2008) - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M1-R3) - SIS**

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$Rcd = Rbd + Rsd - Wp$$

in cui:

- Rbd = Rbk /  $\gamma_b$ : Resistenza alla punta di progetto
- Rsd = Rsk /  $\gamma_s$ : Resistenza laterale di progetto
- Rbk = Rbm /  $\zeta$ : Resistenza alla punta caratteristica
- Rsk = Rsm /  $\zeta$ : Resistenza laterale caratteristica
- Rbm = Qb: Resistenza media alla punta
- Rsm = Qs: Resistenza media laterale
- Wp: peso proprio del palo alleggerito

**PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi <> 0$ )**

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(\*)</sup>:

$$qb = Nq^* \times \sigma_v \quad \text{con:} \quad Nq^*: \text{coefficiente di capacit\`a portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

Nq\* \u00e8 dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per qb il valore limite di qb,lim.

**Terreni coesivi (c > 0)**

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$qb = \sigma_v + 9 c_u$$

**RESISTENZA LATERALE UNITARIA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi <> 0$ )**

$$qs = K \tan \delta \sigma_v \quad \text{con:} \quad K \text{ assunto pari a } 1 - \text{sen } f$$

$$\tan \delta = \tan \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,lim.

**Terreni coesivi (c > 0)**

qs =  $\alpha$  cu con:  $\alpha$  variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella (AGI - 1984)

cu (kPa)	$\alpha$
<=25	0.9
da 25 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,lim.

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

unit\`a

Diametro palo	m	<b>1.20</b>
Superficie resistente alla punta	m <sup>2</sup>	<b>1.13</b>
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	<b>3.77</b>
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	<b>25.00</b>

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)**

n.	DESCRIZIONE	DA	A
1	Ghiaia sabbiosa umida	0.0	-9.0
2	Ghiaia sabbiosa nocciola	-9.0	-35.0
3	0	0.0	0.0
4	0	0.0	0.0
5	0	0.0	0.0

**FALDA**

unit\`a

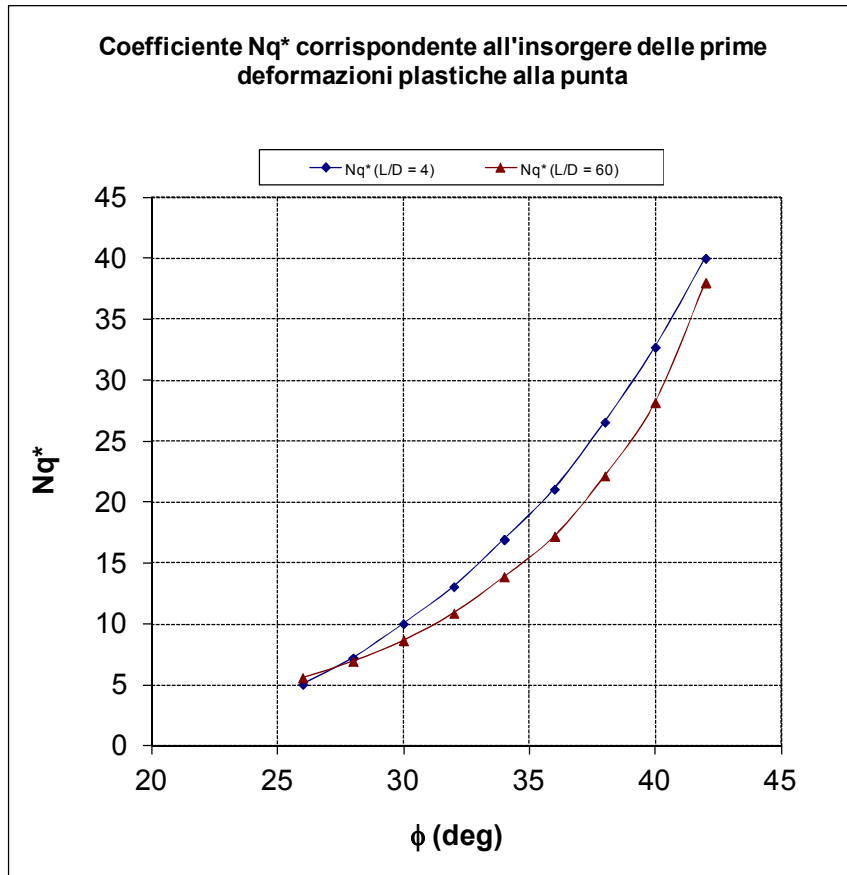
Quota livello falda da q.t.p.	m	35.00
-------------------------------	---	-------

**SOVRACCARICO A Q.T.P.**

Tensione totale in testa palo	kN/m <sup>2</sup>	91.2
Tensione efficace in testa palo		91.2

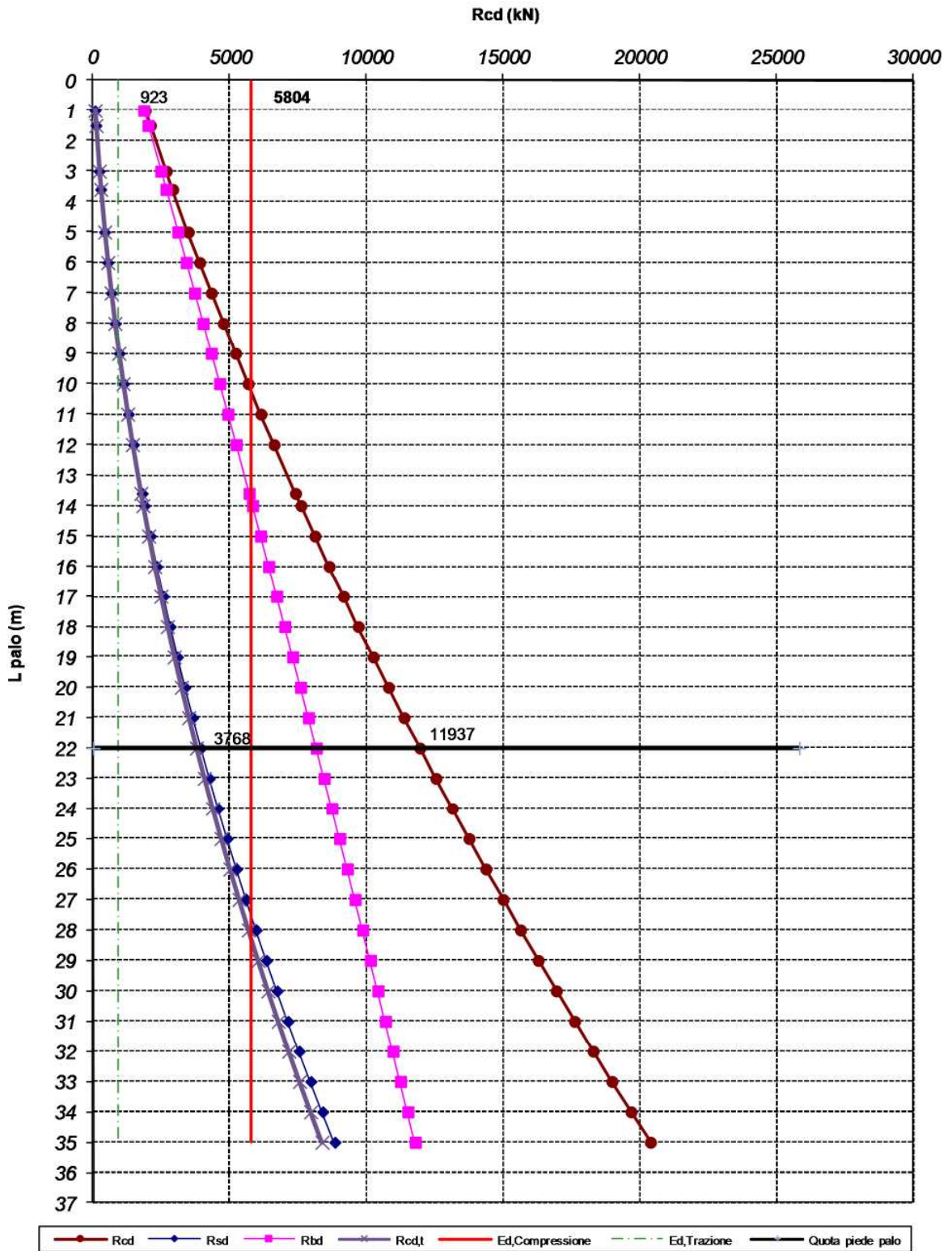
**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Tipo di Palo	t	Trivellato
coefficiente $\gamma_b$		1.35
coefficiente $\gamma_s$		1.15
coefficiente $\gamma_{st}$		1.25
coefficiente $\zeta$		1.65





**Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza  
 APP.1 COMB.2 - SIS (A2-M1-R3)**





### 7.6.5 VERIFICA CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI

Dalla caratterizzazione del suolo risulta che lo strato prevalente risulterebbe del tipo 3 o 4: a favore di sicurezza si assumono i parametri dello strato 2.

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)

n.	DESCRIZIONE	DA	A	cu	φ'	γ
1	Ghiaia sabbiosa umida	0.0	-9.0	0.0	40.0	19.0
2	Ghiaia sabbiosa nocciola	-9.0	-35.0	0.0	40.0	19.0

Le massime sollecitazioni taglianti in testa ai pali sono pari a:

	Ed,Compressione kN
APP.1-COMB1 SLU	989
APP.1-COMB2 SLU	756
APP.1-COMB2 SLV	1212

La verifica del carico limite laterale dei pali viene svolta con il metodo di Broms con le ipotesi di palo flessibile incastrato in sommità e terreno incoerente.

Nel caso di palo flessibile il carico ultimo si ottiene per la formazione di cerniere plastiche nel palo. La formula di equilibrio delle azioni da cui ricavare il carico ultimo orizzontale per pali incastrati in sommità è la seguente:

$$H_{ult} \left( h + \sqrt{\frac{2H_{ult}}{\gamma DK_{p\delta}}} \right) - \frac{1}{3} H_{ult} \sqrt{\frac{2H_{ult}}{\gamma DK_{p\delta}}} = 2M_{ult}$$

In cui:

$H_{ult}$  = carico ultimo orizzontale;

$M_{ult}$  = Momento ultimo palo o momento plastico;

gli altri parametri sono descritti nella tabella riassuntivo di verifica

Il carico ultimo orizzontale valutato con la teoria di Broms è il valore di calcolo ( $R_{cal}$ ). Per il calcolo della resistenza di progetto si segue quanto riportato al paragrafo 6.4.3.1.2 del D.M. 14 Gennaio 2008:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_t}$$

$$R_k = \min \left\{ \frac{(R_{cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

I fattori di correlazione  $\zeta$  che dipendono dal numero di verticali indagate e i coefficienti parziali  $\gamma_t$  sono quelli contenuti nelle tabelle 6.4.IV e 6.4.VI del D.M. 14 Gennaio 2008 di seguito riportate.

**Tabella 6.4.IV** – Fattori di correlazione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\zeta_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\zeta_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

**Tabella 6.4.VI** - Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T=1,0$	$\gamma_T=1,6$	$\gamma_T=1,3$

Per il calcolo della resistenza laterale caratteristica si assume a favore di sicurezza il coefficiente  $\zeta_3$  corrispondente a due verticali indagate (1.65).

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo della sezione in testa al palo e le verifiche di portanza laterale sia per gli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1 e Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R2) sia nei confronti delle Azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R3).

#### Calcolo del Momento Ultimo:

Il momento ultimo utilizzato è il momento plastico. L'utilizzo di tale momento è giustificato dall'aver inserito nel palo un'armatura longitudinale superiore all'1% di quella di calcestruzzo per una lunghezza di dieci diametri a partire dalla testa palo e un'armatura perimetrale di confinamento di diametro superiore a 8 mm costituita da spirale continua per tutti i tratti costituiti da potenziali cerniere plastiche (vedasi paragrafo 7.2.5 del D.M. 14 Gennaio 2008 ).

Verifica C.A. S.LU. - File: Momento ultimo testa palo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** Momento ultimo testa palo

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 54  
 Diametro barre: 2.6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 10 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

**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: 0

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
 S.LU.+  S.LU.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

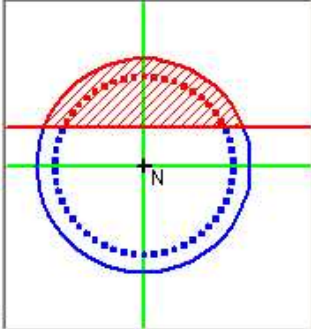
**Materiali**

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200,000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14.17 ‰  
 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>: 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0.6  
 τ<sub>c1</sub>: 1.829

M<sub>xRd</sub>: 4.420 kN m

σ<sub>c</sub>: -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 6.496 ‰  
 d: 110 cm  
 x: 38.52 x/d: 0.3502  
 δ: 0.8777



Verifica agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1)

Coeff. $\zeta$ n° verticali indagate (6.4.3.1.1 DM)	$\zeta =$	1.65
Angolo di attrito terreno	$\phi =$	40 °
Coefficiente GEO	$\gamma_{M2} =$	1
Angolo di attrito fattorizzato	$\phi' =$	40.00
Coefficiente di spinta passiva	$k_p =$	4.60
Coefficiente di spinta passiva fattorizzata	$k_{p\delta} =$	13.80
Peso specifico terreno	$\gamma_{ter} =$	19.00 kN/mc
Diametro del palo	$D =$	1.20 m
Lunghezza del palo	$L =$	20.00 m
Altezza fuori terra	$h =$	0.00 m
Coefficiente portanza laterale (6.4.3.1.2 DM)	$R1 (\gamma_T) =$	1
Momento ultimo sezione palo (*)	$M_{ult} =$	4420 kNm
<b>Sezione incastrata in sommità</b>		
Momento ultimo teoria di Broms	$M_{ult} =$	8840.00 kNm
Taglio ultimo	$H_{ult} =$	3024.05 kN
Taglio ultimo fattorizzato	$H_{ult,d} =$	1832.76 kN
Taglio di calcolo in testa al palo	$V_{Ed} =$	989.00 kN
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>		

Verifica agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R3)

Coeff. $\zeta$ n° verticali indagate (6.4.3.1.1 DM)	$\zeta =$	1.65
Angolo di attrito terreno	$\phi =$	40 °
Coefficiente GEO	$\gamma_{M2} =$	1
Angolo di attrito fattorizzato	$\phi' =$	40.00
Coefficiente di spinta passiva	$k_p =$	4.60
Coefficiente di spinta passiva fattorizzata	$k_{p\delta} =$	13.80
Peso specifico terreno	$\gamma_{ter} =$	19.00 kN/mc
Diametro del palo	$D =$	1.20 m
Lunghezza del palo	$L =$	20.00 m
Altezza fuori terra	$h =$	0.00 m
Coefficiente portanza laterale (6.4.3.1.2 DM)	$R2 (\gamma_T) =$	1.6
Momento ultimo sezione palo (*)	$M_{ult} =$	4420 kNm
<b>Sezione incastrata in sommità</b>		
Momento ultimo teoria di Broms	$M_{ult} =$	8840.00 kNm
Taglio ultimo	$H_{ult} =$	3024.05 kN
Taglio ultimo fattorizzato	$H_{ult,d} =$	1145.47 kN
Taglio di calcolo in testa al palo	$V_{Ed} =$	756.00 kN
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>		

Verifica Azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R3)

Coeff. $\zeta$ n° verticali indagate (6.4.3.1.1 DM)	$\zeta =$	<b>1.65</b>
Angolo di attrito terreno	$\phi =$	<b>40 °</b>
Coefficiente GEO	$\gamma_{M2} =$	<b>1</b>
Angolo di attrito fattorizzato	$\phi' =$	<b>40.00</b>
Coefficiente di spinta passiva	$k_p =$	<b>4.60</b>
Coefficiente di spinta passiva fattorizzata	$k_{p\delta} =$	<b>13.80</b>
Peso specifico terreno	$\gamma_{ter} =$	<b>19.00</b> kN/mc
Diametro del palo	$D =$	<b>1.20</b> m
Lunghezza del palo	$L =$	<b>20.00</b> m
Altezza fuori terra	$h =$	<b>0.00</b> m
Coefficiente portanza laterale (6.4.3.1.2 DM)	$R3 (\gamma_T) =$	<b>1.3</b>
Momento ultimo sezione palo (*)	$M_{ult} =$	<b>4420</b> kNm
<b>Sezione incastrata in sommità</b>		
Momento ultimo teoria di Broms	$M_{ult} =$	<b>8840.00</b> kNm
Taglio ultimo	$H_{ult} =$	<b>3024.05</b> kN
Taglio ultimo fattorizzato	$H_{ult,d} =$	<b>1409.81</b> kN
Taglio di calcolo in testa al palo	$V_{Ed} =$	<b>1212.00</b> kN
<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>		

## 8 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI – FASE TRANSITORIA

Considerando un modello di calcolo opportunamente modificato in base alla geometria della spalla nella Fase 2 (si veda a riguardo il Capitolo 5 della Relazione Tecnico Illustrativa R1), si sono svolte le verifiche dei vari elementi strutturali che la costituiscono. I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2). Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le combinazioni di carico risultate più critiche. Risultano i seguenti tipi di verifiche:

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1):  $E_d \leq R_d$

Presso-Flessione

Taglio

1A) Carichi elementari combinazione A1-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1):  $E_d \leq R_d$

Portanza pali

1B) Carichi elementari combinazione A2-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

Verifiche allo Stato Limite Raro: si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  e quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ .

2) SLE - Combinazione caratteristica rara ( $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$ )

Verifiche allo Stato Limite di Fessurazione (condizioni di esercizio, combinazione “frequente” e “quasi permanente”).

3) SLE - Combinazione frequente ( $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$ )

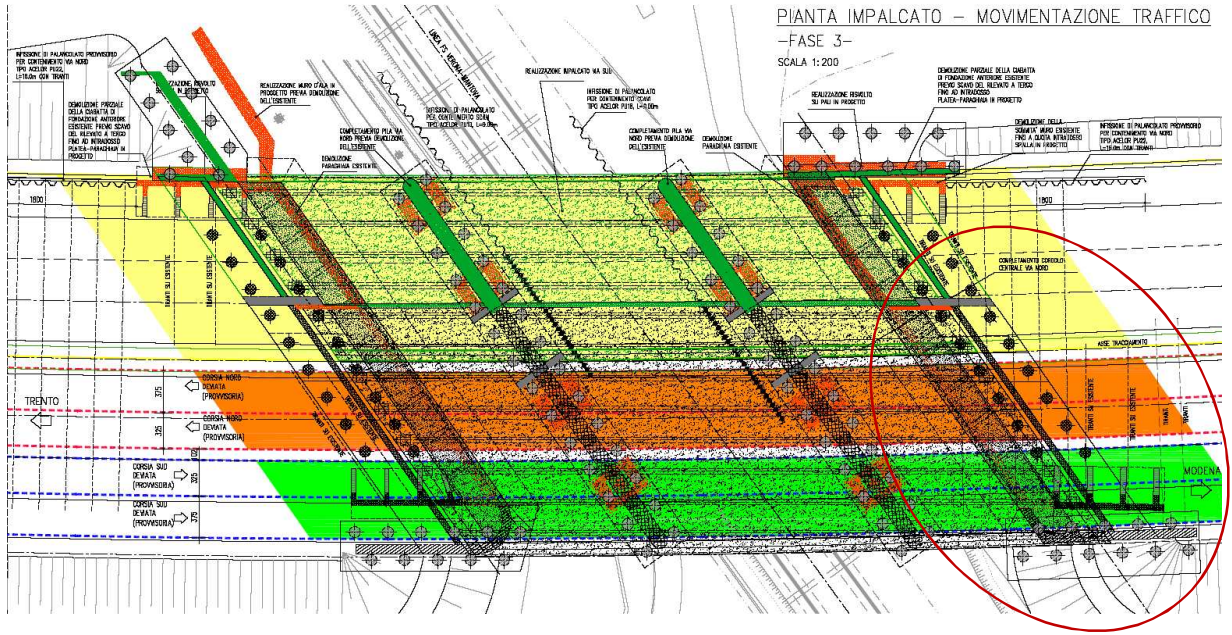
4) SLE - Quasi Permanente ( $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$ )

Il metodo di calcolo, le normative, le caratteristiche dei materiali e i codici di calcolo sono gli stessi già ampiamente descritti nei Capitoli 1, 0, 3 e 4.

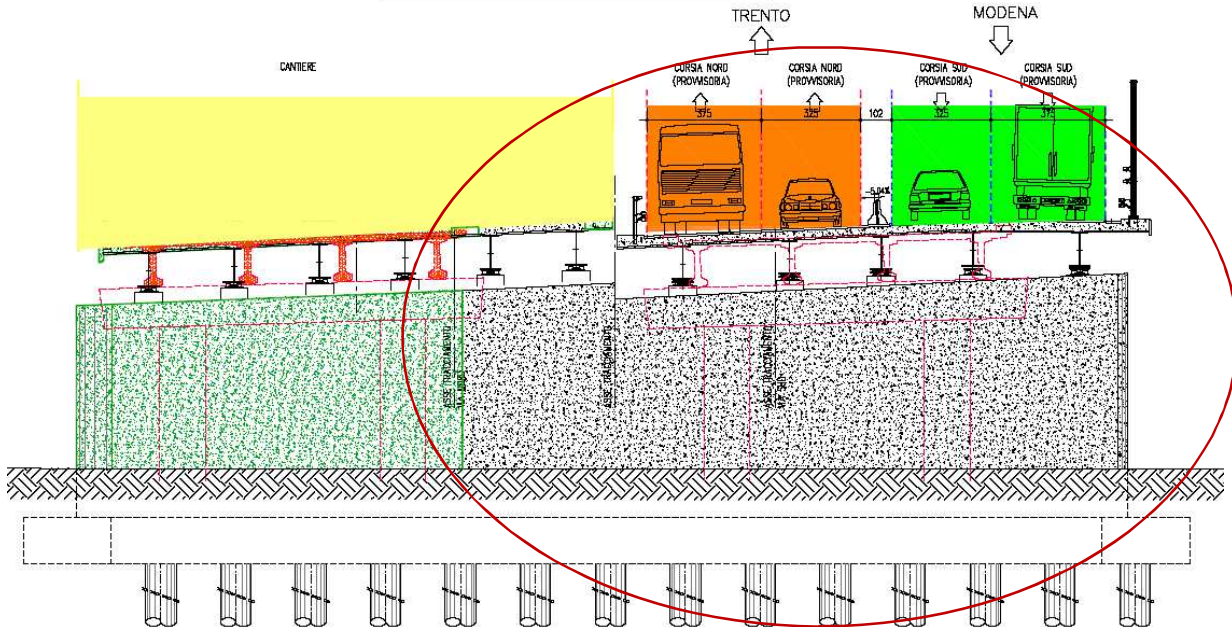


### 8.1 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La geometria è quella delle figure sotto riportate.

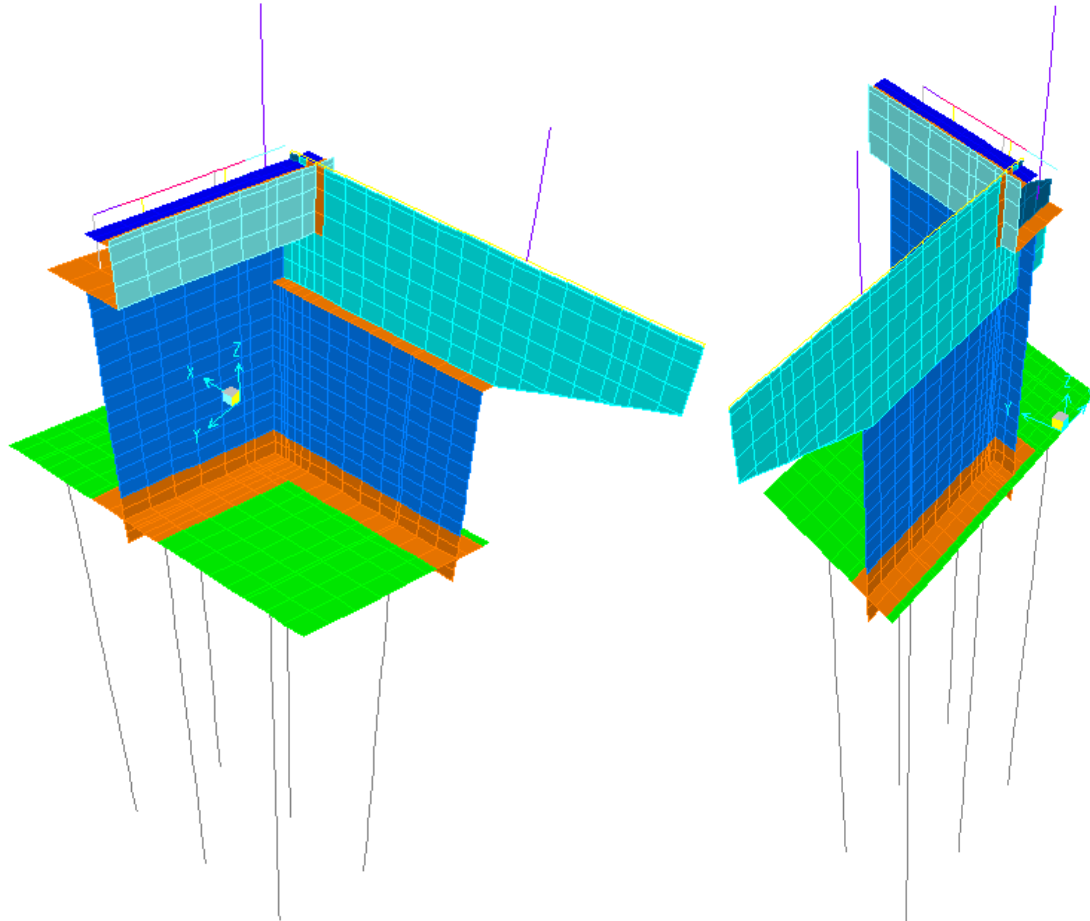


SEZIONE A-A - FASE 3 1:100



## 8.2 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

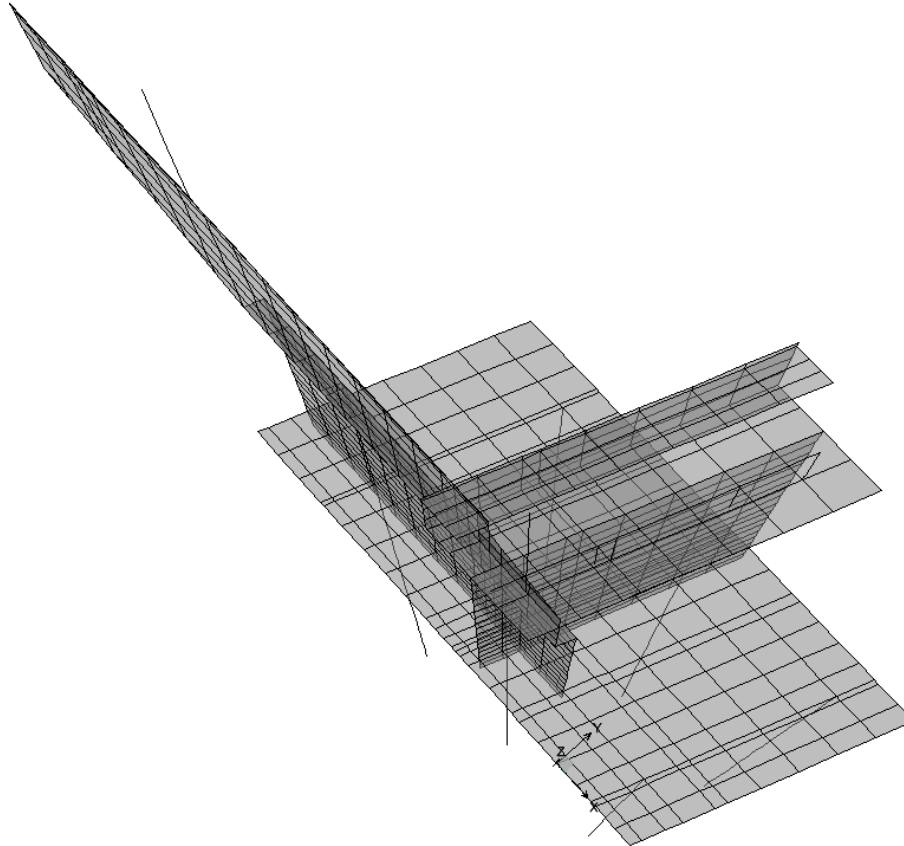
Si sono implementati i singoli elementi strutturali analogamente al modello già precedentemente descritto relativo alla spalla completa; anche per le caratteristiche degli elementi si rimanda alla stessa relazione.





### 8.2.1 CONVENZIONI SUI SEGNI

Il sistema di riferimento globale è costituito dagli assi X, Y con l'asse X parallelo all'asse del ponte. In direzione longitudinale X, si considerano positive le azioni che hanno effetto destabilizzante nei confronti della spalla.



### 8.2.2 ELENCO DATI

Sono gli stessi descritti per il modello completo (si rimanda al Paragrafo 6.3).

### 8.2.3 AZIONI

Sono le stesse descritte per il modello completo (si rimanda al Paragrafo 6.5). Si specificano di seguito i soli dati variati in merito ai carichi mobili (numero di colonne di carico) e alla palificata di fondazione del fusto.

#### DATI RELATIVI AI CARICHI MOBILI

numero colonne di carico	<b>2</b>
--------------------------	----------

#### DATI RELATIVI ALLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

##### *Fusto*

numero pali	<b>6</b>
diametro pali	(m) <b>1.20</b>
lunghezza pali	(m) <b>20.00</b>

### 8.3 PARAGHIAIA

Si omettono le verifiche del paraghiaia non essendo quest'ultimo soggetto ad alcun significativo cambiamento rispetto al caso di spalla completa (già precedentemente verificato nel Paragrafo 7.1).

### 8.4 FUSTO

#### 8.4.1 NUMERAZIONE ELEMENTI FUSTO

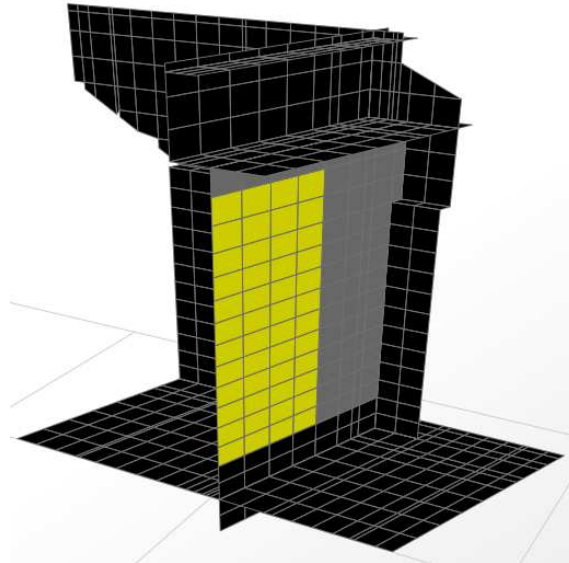
Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

5318	5304	5275	5281	5283	5277	5184	5115	5137	5139
5312	5306	5276	5282	5285	5279	5186	5117	5138	5141
5311	5305	5274	5280	5284	5278	5185	5116	5136	5140
4661	4641	4532	4552	4571	4551	4241	5091	4152	4151
4660	4640	4533	4553	4570	4550	4240	5090	4153	4150
4659	4639	4534	4554	4569	4549	4239	5089	4154	4149
4658	4638	4535	4555	4568	4548	4238	5088	4155	4148
4657	4637	4536	4556	4567	4547	4237	5087	4156	4147
4656	4636	4537	4557	4566	4546	4236	5086	4157	4146
4655	4635	4538	4558	4565	4545	4235	5085	4158	4145
4654	4634	4539	4559	4564	4544	4234	5084	4159	4144
4653	4633	4540	4560	4563	4543	4233	5083	4160	4143
4652	4632	4541	4561	4562	4542	4232	5082	4161	4142

#### 8.4.2 ARMATURA ADOTTATA PER IL FUSTO

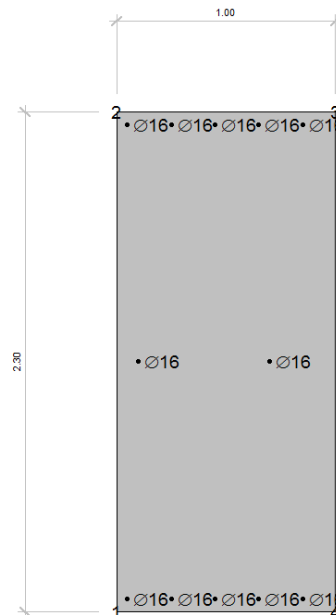
Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

E' stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza dello spigolo tra il fusto e il risvolto. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in giallo le zone del fusto dotate di armatura orizzontale base ed in grigio quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



- Armatura base

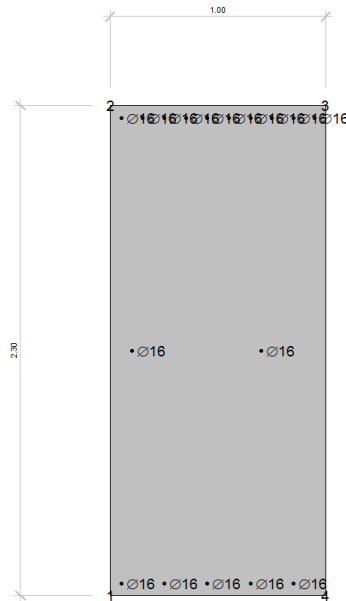
Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	230.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



- Armatura aggiuntiva

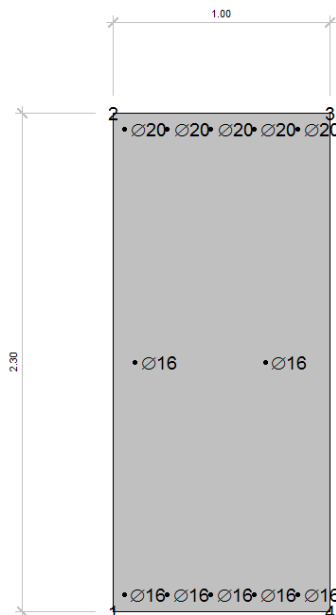
Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	230.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/10	= 20.10
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80

Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	230.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/20	= 15.70
Copriferro c (cm)	4+1+1.6+1	7.60
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



### 8.4.3 VERIFICHE FUSTO

#### 8.4.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-41380	-0.0035 (sez)	818	0.01 (arm)
Mx	-1006	0.01 (arm)	1003	0.01 (arm)
My	-472	0.01 (arm)	365	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.5282 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	23	0.00	0.00	185	0
2	1A) M1min - Elem.5306 - Comb: 3-1A) Iic.1 V-A+ 1	23	0.00	0.00	-33	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.5276 - Comb: 32a-1A) Ila.2 V+A+ 2	242	0.00	0.00	103	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.5282 - Comb: 19a-1A) Iib.1 V+A+ 1	-293	0.00	0.00	53	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	4.8181	armatura
2	17.5274	armatura
3	2.7963	armatura
4	116.4901	sezione

##### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-41477	-0.0035 (sez)	944	0.01 (arm)
Mx	-1006	0.01 (arm)	1838	0.01 (arm)
My	-620	0.01 (arm)	549	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.5090 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	252	0.00	0.00	661	0
2	1A) M1min - Elem.4152 - Comb: 24-1A) Iic.1 V+A+ 2	8	0.00	0.00	-113	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.5091 - Comb: 16a-1A) Ila.1 V+A+ 2	433	0.00	0.00	502	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 16a-1A) Ila.1 V+A+ 2	-1010	0.00	0.00	308	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.9911	armatura
2	8.2363	armatura
3	1.9288	armatura
4	29.4671	sezione

#### 8.4.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-41480	-0.0035 (sez)	944	0.01 (arm)
Mx	-998	0.01 (arm)	1466	0.01 (arm)
My	-577	0.01 (arm)	451	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.4142 - Comb: 16a-1A)Ila.1 V+A+ 2	-1279	0.00	0.00	693	0
2	1A)M2min - Elem.5140 - Comb: 28-1A)IId.1 V+A+ 2	21	0.00	0.00	-140	0
3	1A)F2max Traz. - Elem.5141 - Comb: 16a-1A)Ila.1 V+A+ 2	350	0.00	0.00	127	0
4	1A)F2max Comp. - Elem.5275 - Comb: 36a-1A)IId.2 V+A+ 2	-1834	0.00	0.00	546	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	17.3616	sezione
2	6.1371	armatura
3	2.8987	armatura
4	16.3453	sezione

### 8.4.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	20	0.00	0.00	137	0
2	16	0.00	0.00	-24	0
3	178	0.00	0.00	75	0
4	-210	0.00	0.00	49	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	19	0.00	0.00	102	0
2	9	0.00	0.00	-14	0
3	146	0.00	0.00	66	0
4	-162	0.00	0.00	40	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	16	0.00	0.00	87	0
2	9	0.00	0.00	-13	0
3	78	0.00	0.00	54	0
4	-80	0.00	0.00	42	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	2)M1max - Elem.5282 - Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-0.58	0.00	67.79	-6.70
2	2)M1min - Elem.5306 - Comb: 2-2)Ic.1 V-A+	-0.11	0.00	17.75	-1.09
3	2)F1max Traz. - Elem.5276 - Comb: 16a-2)Ila.2 V+A+	0.97	0.00	129.11	19.04
4	2)F1max Comp. - Elem.5282 - Comb: 10a-2)IId.1 V+A+	-0.14	-0.04	-0.57	-2.12

Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	3)M1max - Elem.5282 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-0.44	0.00	52.71	-4.99
2	3)M1min - Elem.4637 - Comb: 4-3)IId.1 V-A+	-0.06	0.00	10.18	-0.62
3	3)F1max Traz. - Elem.5276 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	0.66	0.00	108.25	13.60
4	3)F1max Comp. - Elem.5282 - Comb: 9a-3)IId.1 A+	-0.11	-0.03	-0.42	-1.67

Verifiche alle tensioni – q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	4)M1max - Elem.5282 - Comb: 2-4)IId.1 A+	-0.37	0.00	44.90	-4.25
2	4)M1min - Elem.4637 - Comb: 2-4)IId.1 A+	-0.06	0.00	10.08	-0.60
3	4)F1max Traz. - Elem.5276 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.19	0.00	66.08	-0.38
4	4)F1max Comp. - Elem.5282 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.08	0.00	0.22	-1.21

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.5282 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=258.18$  a  $x=500.00$   $y=161.81$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 148224.54 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

Tensione baricentrica = 51.73

Copriferro = 50.27

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000151$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 571.9551$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0866$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.4637 - Comb: 4-3) Id.1 V-A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=2100.20$  a  $x=500.00$   $y=2278.24$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 124226.16 \quad \rho_{eff} = 0.0081$$

Tensione baricentrica = 9.85

Copriferro = 50.91

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000029$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 509.2116$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0147$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.5276 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 124226.16 \quad \rho_{eff} = 0.0081$$

Tensione baricentrica = 32.67

Copriferro = 50.91

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.6915 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000096$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 637.9685$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0610$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5282 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 124226.16 \quad \rho_{eff} = 0.0081$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -1.66$$

$$\text{Copriferro} = 50.91$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.5282 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=258.28 \quad \text{a } x=500.00 \quad y=161.96$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 148238.49 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 44.07$$

$$\text{Copriferro} = 50.27$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000129 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 571.9917$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0738 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.4637 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=2101.54 \quad \text{a } x=500.00 \quad y=2286.11$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 122345.05 \quad \rho_{eff} = 0.0082$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 9.74$$

$$\text{Copriferro} = 50.98$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000029 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 504.3518$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0144 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.5276 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=124.59 \quad \text{a } x=-373.95 \quad y=0.00$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 402.12$$

$$A_{c,ls,eff} = 59163.06 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 63.87$$

$$\text{Copriferro} = 73.55$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$



Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000187$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 650.2469$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1216$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5282 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1906.61$  a  $x = 500.00$   $y = 1916.51$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 157215.44$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 0.22

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000001$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.3771$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0004$  ( $< 0.2000$ )

#### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	211	0.00	0.00	486	0
2	5	0.00	0.00	-83	0
3	316	0.00	0.00	371	0
4	-736	0.00	0.00	225	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	156	0.00	0.00	386	0
2	11	0.00	0.00	-65	0
3	270	0.00	0.00	318	0
4	-578	0.00	0.00	185	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	138	0.00	0.00	334	0
2	8	0.00	0.00	-55	0
3	232	0.00	0.00	293	0
4	-452	0.00	0.00	161	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.5090 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-1.16	0.00	157.15	-12.88
2	2)M1min - Elem.4152 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-0.34	0.00	38.12	-3.92
3	2)F1max Traz. - Elem.5091 - Comb: 8a-2) Ilc.1 V+A+	-0.59	0.00	157.05	-4.48
4	2)F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 8a-2) Ilc.1 V+A+	-0.56	-0.06	-1.16	-8.27

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max- Elem.5090 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-0.94	0.00	122.01	-10.52
2	3)M1min - Elem.4152 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-0.27	0.00	32.98	-3.02
3	3)F1max Traz. - Elem.5091 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-0.51	0.00	134.30	-3.93
4	3)F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-0.45	-0.04	-0.78	-6.62

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max- Elem.5090 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.81	0.00	106.22	-9.00
2	4)M1min - Elem.4152 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.23	0.00	27.12	-2.56
3	4)F1max Traz. - Elem.5091 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.51	0.00	119.56	-4.33
4	4)F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.37	-0.02	-0.36	-5.43

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

##### Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.5090 - Comb: 11-3) IId.1 A+

asse neutro: da x=-500.00 y=233.58 a x=500.00 y=214.76

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 165286.55 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 121.50$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000356 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 393.6374$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1400 \quad (<0.2000)$$

##### Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.4152 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+

asse neutro: da x=-500.00 y=2046.95 a x=500.00 y=2145.91

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 147628.60 \quad \rho_{eff} = 0.0068$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 32.35$$

$$\text{Copriferro} = 50.28$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000095 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 570.3923$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0540 \quad (<0.2000)$$

##### Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.5091 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+

asse neutro: da x=-500.00 y=123.70 a x=500.00 y=76.19

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 166070.10 \quad \rho_{eff} = 0.0121$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 132.97$$

Copriferro = 50.07

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000389$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max} = 394.8850$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1537$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1 max Comp. - Elem.5115 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 166070.10$   $\rho_{eff} = 0.0121$

Tensione baricentrica = -0.82

Copriferro = 50.07

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1 max - Elem.5090 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 230.81$  a  $x = 500.00$   $y = 211.62$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 165305.18$   $\rho_{eff} = 0.0122$

Tensione baricentrica = 105.77

Copriferro = 50.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000310$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max} = 393.6640$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1219$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1 min - Elem.4152 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 2042.33$  a  $x = 500.00$   $y = 2138.68$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 148230.93$   $\rho_{eff} = 0.0068$

Tensione baricentrica = 26.61

Copriferro = 50.27

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000078$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=571.9719$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0446$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.5091 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=137.70$  a  $x=500.00$   $y=96.69$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cfs,eff} = 166355.40 \quad \rho_{eff} = 0.0121$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 118.54$$

$$\text{Copriferro} = 50.05$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000347$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=395.2142$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1371$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5115 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cfs,eff} = 166355.40 \quad \rho_{eff} = 0.0121$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.39$$

$$\text{Copriferro} = 50.05$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.2000$ )

#### 8.4.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

**Sollecitazioni di progetto – rara**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-937	0.00	0.00	512	0
2	7	0.00	0.00	-104	0
3	265	0.00	0.00	110	0
4	-1348	0.00	0.00	401	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-782	0.00	0.00	434	0
2	6	0.00	0.00	-75	0
3	210	0.00	0.00	78	0
4	-1093	0.00	0.00	320	0

**Sollecitazioni di progetto - q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-741	0.00	0.00	335	0
2	-72	0.00	0.00	-67	0
3	158	0.00	0.00	17	0
4	-849	0.00	0.00	335	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max- Elem.4142 - Comb: 8a-2)Ila.1 V+A+	-1.00	0.00	3.01	-14.38
2	2)M2min- Elem.5140 - Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-0.43	0.00	47.74	-4.57
3	2)F2maxTraz. - Elem.4652 - Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	2.34	0.00	131.25	39.71
4	2)F2max Comp. - Elem.5275 - Comb: 18a-2)IIb.2 V+A+	-1.02	-0.13	-2.42	-14.86

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max- Elem.4142 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	-0.85	0.00	2.73	-12.15
2	3)M2min- Elem.5140 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-0.31	0.00	35.09	-3.33
3	3)F2maxTraz. - Elem.5141 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	2.16	0.00	101.12	35.80
4	3)F2max Comp. - Elem.5275 - Comb: 9a-3)IIb.1 A+	-0.82	-0.11	-2.04	-11.98

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max- Elem.4142 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.69	0.00	0.53	-9.98
2	4)M2min- Elem.4151 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.15	0.00	3.18	-2.12
3	4)F2maxTraz. - Elem.5139 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	2.11	0.00	75.30	33.85
4	4)F2max Comp. - Elem.5082 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.73	0.00	-0.28	-10.62

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.4142 - Comb: 8a-3) Ila.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1827.91$  a  $x=500.00$   $y=1836.05$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 205566.55 \quad \rho_{eff} = 0.0076$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 2.71$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000008 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 669.3588$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0053 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.5140 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=2028.34$  a  $x=500.00$   $y=2109.70$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 174717.75 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 34.52$$

$$\text{Copriferro} = 68.25$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000101$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 704.7761$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0712$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.5141 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 174717.75 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

Tensione baricentrica = 57.52

Copriferro = 68.25

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.8719$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000168$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 1056.4340$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1779$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.5275 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 174717.75 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

Tensione baricentrica = -11.93

Copriferro = 68.25

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.4142 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 2114.34$  a  $x = 500.00$   $y = 2125.45$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 136343.55 \quad \rho_{eff} = 0.0115$$

Tensione baricentrica = 0.51

Copriferro = 66.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000001$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 519.5325$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0008$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.4151 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1365.33$  a  $x=500.00$   $y=1366.45$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 174394.78 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 3.18$$

$$\text{Copriferro} = 68.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000009 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s \max} = 703.0486$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0065 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.5139 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 174394.78 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 62.32$$

$$\text{Copriferro} = 68.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.8986 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000182 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s \max} = 1079.1620$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1969 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.5082 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=2281.46$  a  $x=500.00$   $y=2293.95$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 81670.61 \quad \rho_{eff} = 0.0192$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.30$$

$$\text{Copriferro} = 66.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000001 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s \max} = 401.1968$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0004 \quad (< 0.2000)$$

### 8.4.3.5 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio per il fusto è stata individuata in condizioni sismiche ed è pari a T=241 kN (Elem.4652 -Comb: 26-1A) IIc.1 V-A+ 2). Si riporta di seguito la verifica per elementi non armati a taglio.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

$V_{Ed}$	<b>241.00</b>	kN
$N_{Ed}$	0	kN
Rck	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	18.8	
$b_w$	1000	mm
h	2300	mm
c	76	mm
d	2224	mm
f	16	mm
n°	5	
$A_{sl}$	1004.80	mm <sup>2</sup>
$\rho_l$	0.000	
$\sigma_{cp}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
k	1.2999	
$v_{min}$	0.2989	
	397.11	kN
	664.70	kN
$V_{rd}$	<b>664.70</b>	kN
<b>SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO</b>		



## 8.5 MURI DI RISVOLTO – PORZIONE INFERIORE

### 8.5.1 NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE INFERIORE

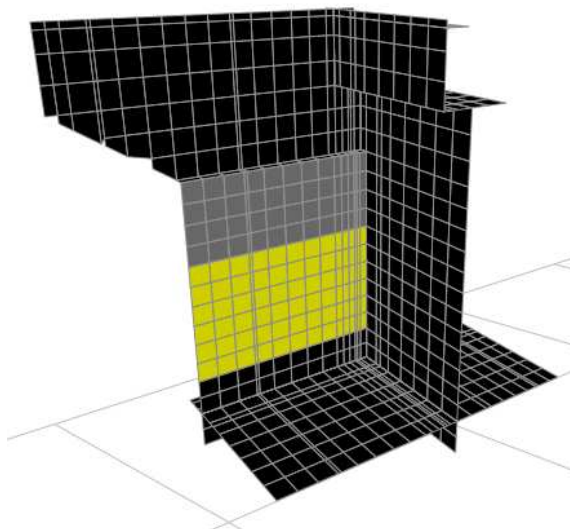
Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

4951	4971	5001	245	2489	4972	4952	5031	5051	5032	237	238	252	197	5061	5102
4950	4970	5000	249	2491	4973	4953	5030	5050	5033	235	239	252	199	5060	5103
4949	4969	4999	249	2493	4974	4954	5029	5049	5034	233	234	253	201	5059	5104
4948	4968	4998	245	2495	4975	4955	5028	5048	5035	230	232	253	203	5058	5105
4947	4967	4997	245	2497	4976	4956	5027	5047	5036	228	229	253	205	5057	5106
4946	4966	4996	250	2499	4977	4957	5026	5046	5037	226	227	253	208	5056	5107
4945	4965	4995	250	2501	4978	4958	5025	5045	5038	224	225	253	210	5055	5108
4944	4964	4994	250	2503	4979	4959	5024	5044	5039	222	223	254	212	5054	5109
4943	4963	4993	250	2505	4980	4960	5023	5043	5040	220	221	254	214	5053	5110
4942	4962	4992	250	2507	4981	4961	5022	5042	5041	218	219	254	216	5052	5111

### 8.5.2 ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE INFERIORE DEI RISVOLTI

Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

Nella parte superiore dei risvolti di spessore 140 cm è stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza degli spigoli tra il risvolto e i il fusto. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in giallo le zone dotate di armatura orizzontale base ed in grigio quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



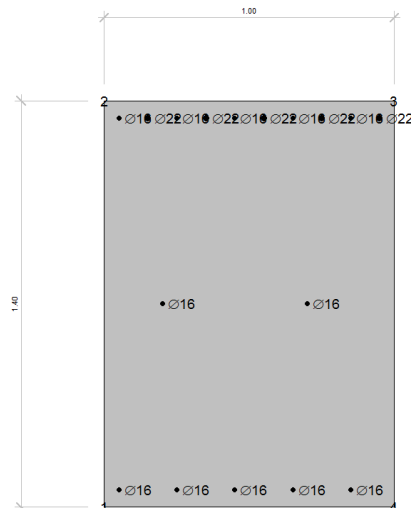
- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	140.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



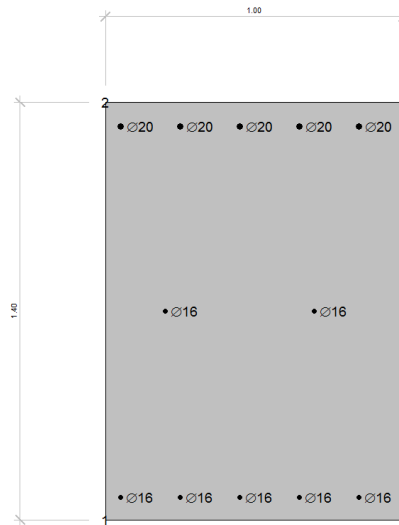
- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	140.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20+1Φ22/20	= 29.05
Copriferro c (cm)	4+1+1.1	6.10
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	140.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/20	= 15.70
Copriferro c (cm)	4+1+2.2+1	8.20
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/60	= 3.35



### 8.5.3 VERIFICHE PORZIONE INFERIORE RISVOLTO

#### 8.5.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25543	-0.0035 (sez)	857	0.01 (arm)
Mx	-601	0.01 (arm)	600	0.01 (arm)
My	-452	0.01 (arm)	379	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.205 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	65	0.00	0.00	430	0
2	1A) M1min - Elem.5052 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-261	0.00	0.00	-53	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	283	0.00	0.00	100	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.5052 - Comb: 16a-1A) Ila.1 V+A+ 2	-412	0.00	0.00	-27	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.2729	armatura
2	68.4550	sezione
3	2.1506	armatura
4	55.3457	sezione

Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25599	-0.0035 (sez)	946	0.01 (arm)
Mx	-601	0.01 (arm)	1544	0.01 (arm)
My	-702	0.01 (arm)	690	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.197 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	550	0.00	0.00	780	0
2	1A) M1min - Elem.4971 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-11	0.00	0.00	-214	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 42-1A) Ilc.2 V-A+ 2	605	0.00	0.00	680	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.5061 - Comb: 36a-1A) Ilb.2 V+A+ 2	-88	0.00	0.00	13	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.3690	armatura
2	2.8961	armatura
3	1.4530	armatura
4	223.7828	sezione

### 8.5.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25627	-0.0035 (sez)	949	0.01 (arm)
Mx	-595	0.01 (arm)	868	0.01 (arm)
My	-558	0.01 (arm)	464	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M2max - Elem.4942 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	378	0.00	0.00	450	0
2	1A) M2min - Elem.4951 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	-240	0.00	0.00	-127	0
3	1A) F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	414	0.00	0.00	310	0
4	1A) F2max Comp. - Elem.5111 - Comb: 16a-1A) Ilb.1 V+A+ 2	-2119	0.00	0.00	-20	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.2615	armatura
2	34.4110	sezione
3	1.5209	armatura
4	12.1118	sezione

### 8.5.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	47	0.00	0.00	417	0
2	-151	0.00	0.00	-41	0
3	213	0.00	0.00	74	0
4	-305	0.00	0.00	-20	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1	0.00	0.00	160	0
2	-130	0.00	0.00	-32	0
3	190	0.00	0.00	53	0
4	-262	0.00	0.00	-17	0

**Sollecitazioni di progetto – q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-5	0.00	0.00	155	0
2	-119	0.00	0.00	-29	0
3	182	0.00	0.00	44	0
4	-219	0.00	0.00	-18	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.205 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-3.68	0.00	323.21	-38.75
2	2)M1min - Elem.5052 - Comb: 14a-2)Ild.1 V+A+	-0.23	0.00	0.10	-3.23
3	2)F1maxTraz. - Elem.2508 - Comb: 14a-2)Ild.1 V+A+	0.35	0.00	163.18	12.64
4	2)F1maxComp. - Elem.5052 - Comb: 8a-2)Ila.1 V+A+	-0.27	-0.15	-2.37	-4.00

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.205 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.40	0.00	115.58	-15.09
2	3)M1min - Elem.5052 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	-0.18	0.00	-0.07	-2.64
3	3)F1maxTraz. - Elem.2508 - Comb: 11-3)Ild.1 A+	1.04	0.00	135.48	21.35
4	3)F1maxComp. - Elem.5052 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	-0.23	-0.13	-2.04	-3.43

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.205 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.36	0.00	110.19	-14.66
2	4)M1min - Elem.5052 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.17	0.00	-0.08	-2.41
3	4)F1maxTraz. - Elem.2508 - Comb: 2-4)Id.1 A+	1.38	0.00	124.53	25.70
4	4)F1maxComp. - Elem.5052 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.21	-0.10	-1.56	-3.02

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente**

**Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.205 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=212.03 a x=500.00 y=171.75

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 157337.77 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 113.98$$

$$\text{Copri ferro} = 50.05$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000334 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_s_{max} = 595.8583$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1988 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.5052 - Comb: 11-3) Ild.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=22.82 a x=500.00 y=14.12

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 63465.49 \quad \rho_{eff} = 0.0158$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.08$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000000 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 341.7219$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0001 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

Sezione tutta tesa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 63465.49 \quad \rho_{eff} = 0.0158$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 39.35$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.6404 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000115 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 389.9422$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0449 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5052 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 63465.49 \quad \rho_{eff} = 0.0158$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -2.06$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.205 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=214.48 \quad \text{a } x=500.00 \quad y=174.91$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1005.31$$

$$A_{c,ls,eff} = 157335.82 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 108.69$$

$$\text{Copriferro} = 50.05$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000318$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.8475$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1895$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.5052 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 15.69$  a  $x = 500.00$   $y = 6.94$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 61195.89$   $\rho_{eff} = 0.0164$

Tensione baricentrica = -0.08

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000000$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 335.5812$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.2508 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 61195.89$   $\rho_{eff} = 0.0164$

Tensione baricentrica = 42.94

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.6725$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000126$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.6918$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0494$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.5052 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 61195.89$   $\rho_{eff} = 0.0164$

Tensione baricentrica = -1.57

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

Armatura aggiuntiva

**Sollecitazioni di progetto – rara**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	563	0.00	0.00	790	0
2	-9	0.00	0.00	-156	0
3	588	0.00	0.00	680	0
4	-65	0.00	0.00	9	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	301	0.00	0.00	440	0
2	-25	0.00	0.00	-107	0
3	350	0.00	0.00	400	0
4	-50	0.00	0.00	8	0

**Sollecitazioni di progetto - q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	290	0.00	0.00	380	0
2	-31	0.00	0.00	-87	0
3	305	0.00	0.00	350	0
4	-43	0.00	0.00	-77	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.197 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-3.68	0.00	304.71	-38.66
2	2)M1min - Elem.4971 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-1.29	0.00	109.19	-13.48
3	2)F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 21b-2) Ilc.2 V+A+	-3.00	0.00	279.32	-30.04
4	2)F1max Comp. - Elem.5061 - Comb: 18a-2) Ilb.2 V+A+	-0.07	-0.02	-0.30	-1.05

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.197 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-2.07	0.00	167.66	-21.90
2	3)M1min - Elem.4971 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-0.87	0.00	66.56	-9.39
3	3)F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 11-3) Ilc.1 A+	-1.76	0.00	164.99	-17.53
4	3)F1max Comp. - Elem.5061 - Comb: 9a-3) Ilb.1 A+	-0.06	-0.01	-0.19	-0.85

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.197 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-1.74	0.00	149.72	-18.02
2	4)M1min - Elem.4971 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.70	0.00	49.47	-7.69
3	4)F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-1.54	0.00	144.16	-15.38
4	4)F1max Comp. - Elem.4951 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-0.60	0.00	37.13	-6.83

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente**

Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.197 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=181.23$  a  $x=500.00$   $y=213.88$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{cs,eff} = 208373.65 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 165.45$$

$$\text{Copriferro} = 50.03$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$



Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000484$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 407.4928$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1973$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.4971 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1173.22$  a  $x = 500.00$   $y = 1222.43$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157285.31$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 65.43

Copriferro = 50.07

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000191$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.7951$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1141$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 11-3) IIId.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 153.43$  a  $x = 500.00$   $y = 189.17$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$A_{cls,eff} = 208490.11$   $\rho_{eff} = 0.0139$

Tensione baricentrica = 162.67

Copriferro = 50.04

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 19.47$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000476$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 407.6473$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1941$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.5061 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$A_{cls,eff} = 208490.11$   $\rho_{eff} = 0.0139$

Tensione baricentrica = -0.19

Copriferro = 50.04

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 19.47$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.197 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=169.77$  a  $x=500.00$   $y=203.62$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{c_{ls,eff}} = 208419.05 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 147.70$$

$$\text{Copri ferro} = 50.03$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000432 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 407.5528$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1762 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.4971 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1159.32$  a  $x=500.00$   $y=1205.62$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157353.10 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 48.66$$

$$\text{Copri ferro} = 50.06$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000142 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.9512$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0849 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.197 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=153.96$  a  $x=500.00$   $y=189.63$

Armature efficaci: Area totale = 2905.97

$$A_{c_{ls,eff}} = 208487.70 \quad \rho_{eff} = 0.0139$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 142.13$$

$$\text{Copri ferro} = 50.04$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 19.47$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000416 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 407.6441$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1696 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.4951 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1132.75$  a  $x=500.00$   $y=1174.36$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157341.36 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 36.58$$

Copriferro = 50.05

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000107$  Distanza fessure  $\Delta s_{max} = 595.8788$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0638$  ( $< 0.2000$ )

### 8.5.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	285	0.00	0.00	471	0
2	-177	0.00	0.00	-93	0
3	308	0.00	0.00	325	0
4	-1565	0.00	0.00	-15	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	20	0.00	0.00	190	0
2	-175	0.00	0.00	-63	0
3	30	0.00	0.00	160	0
4	-1335	0.00	0.00	-18	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	20	0.00	0.00	170	0
2	-196	0.00	0.00	-53	0
3	70	0.00	0.00	140	0
4	-1113	0.00	0.00	-6	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	2)M2max - Elem.4942 - Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-3.58	0.00	309.52	-33.21
2	2)M2min - Elem.4951 - Comb: 13b-2)IIc.1 V-A+	-0.51	0.00	7.16	-6.72
3	2)F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 12a-2)IIc.1 V+A+	-2.43	0.00	247.31	-20.51
4	2)F2max Comp. - Elem.5111 - Comb: 8a-2)IIa.1 V+A+	-1.12	-1.04	-15.73	-16.66

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	3)M2max - Elem.4942 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-1.44	0.00	97.11	-14.88
2	3)M2min - Elem.4951 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-0.32	0.00	1.18	-4.39
3	3)F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 10-3)IIc.1 A+	-1.21	0.00	85.55	-12.37
4	3)F2max Comp. - Elem.5111 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-0.97	-0.88	-13.21	-14.41

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{smax}$	$\sigma_{smin}$
1	4)M2max - Elem.4942 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-1.29	0.00	87.49	-13.29
2	4)M2min - Elem.4951 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.29	0.00	0.04	-4.04
3	4)F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.06	0.00	87.63	-10.14
4	4)F2max Comp. - Elem.5111 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.78	-0.76	-11.37	-11.67

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.4942 - Comb: 11-3) IId.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=247.51$  a  $x=500.00$   $y=194.96$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212643.24 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 95.28$$

$$\text{Copriferro} = 72.11$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000279 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 705.4526$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1967 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.4951 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=339.67$  a  $x=500.00$   $y=329.30$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 172507.97 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 1.16$$

$$\text{Copriferro} = 66.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000003 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 691.1569$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0023 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=239.46$  a  $x=500.00$   $y=184.16$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212708.85 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 83.87$$

$$\text{Copriferro} = 72.13$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000245 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 705.6358$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1732 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.5111 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{c_{ls,eff}} = 212708.85 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -14.34$$

Copriferro = 72.13

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.4942 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 246.28$  a  $x = 500.00$   $y = 193.31$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 212653.01$   $\rho_{eff} = 0.0074$

Tensione baricentrica = 85.83

Copriferro = 72.11

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000251$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 705.4797$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1772$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.4951 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 87.75$  a  $x = 500.00$   $y = 75.01$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 99794.78$   $\rho_{eff} = 0.0101$

Tensione baricentrica = 0.03

Copriferro = 66.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000000$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 494.4286$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.4942 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 211.94$  a  $x = 500.00$   $y = 145.13$

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$A_{cls,eff} = 212977.75$   $\rho_{eff} = 0.0074$

Tensione baricentrica = 85.62

Copriferro = 72.18

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm}=0.000251$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max}=706.4133$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1770$  ( $<0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.5111 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 212977.75 \quad \rho_{eff} = 0.0074$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -11.62$$

$$\text{Copriferro} = 72.18$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000$$
 ( $<0.2000$ )

### 8.5.3.5 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio è pari a  $T=230\text{kN}$  (Elem.5090 -Comb: 28-1A) IId.1 V+A+ 2).

L'entità di tale sollecitazione relativamente alla fase definitiva richiede un'apposita armatura a taglio dei risvolti tramite spille  $\phi 10$  60x20.

Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	651.16	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	230.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	651.16	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	4273.83	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

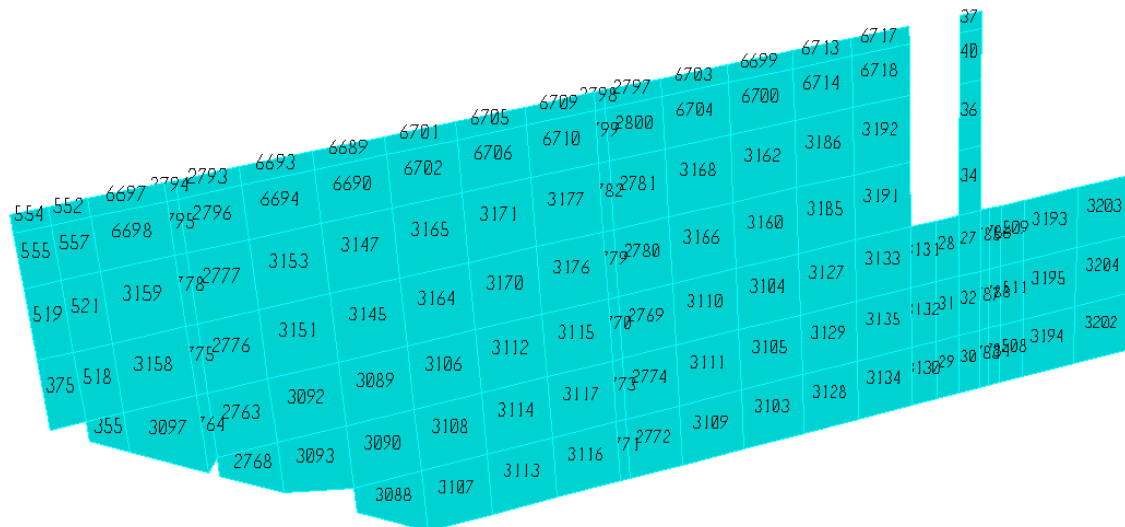
$\theta$	=	25.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	131.80	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{s,taf}$	=	10	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	392.5	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe
$s$	=	60	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

## 8.6 MURI DI RISVOLTO – PORZIONE SUPERIORE

### 8.6.1 NUMERAZIONE ELEMENTI RISVOLTI – PORZIONE SUPERIORE

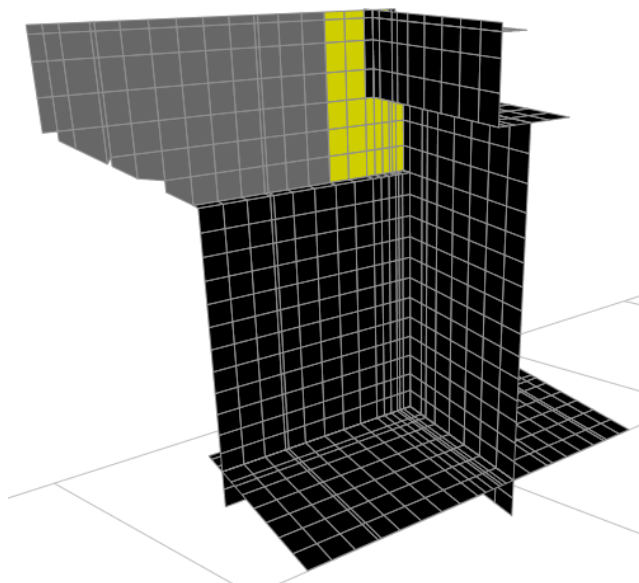
Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.



### 8.6.2 ARMATURA ADOTTATA PER LA PORZIONE SUPERIORE DEI RISVOLTI

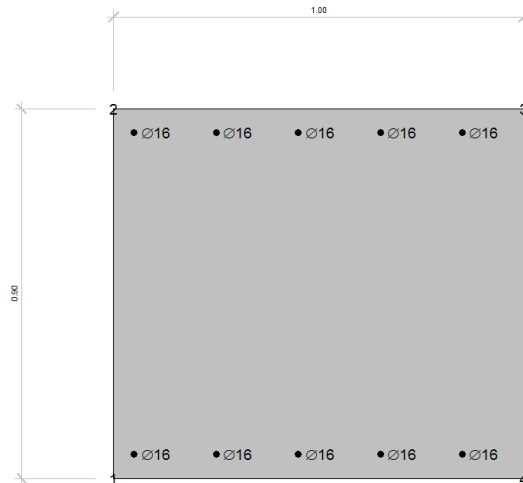
Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura orizzontale):

E' stata prevista un'armatura orizzontale aggiuntiva in corrispondenza dello spigolo tra il risvolto di spessore 90 cm e il paraghiaia. Nella figura sotto riportata sono evidenziate in grigio le zone dotate di armatura orizzontale base ed in giallo quelle con armatura orizzontale aggiuntiva.



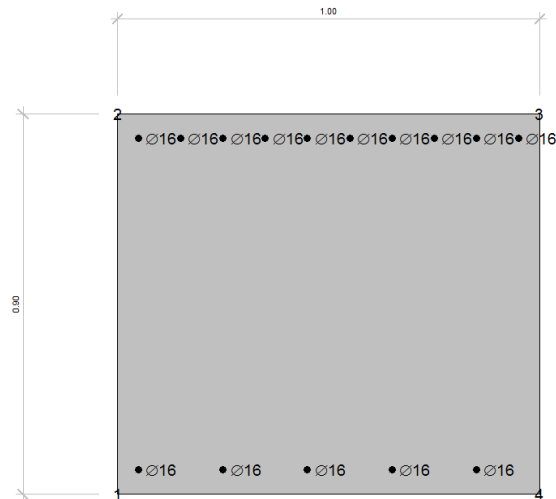
- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	90.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.80
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80



- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	90.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20+1Φ16/20	= 20.10
Copriferro c (cm)	4+1+0.8	5.8
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+0.8	5.80

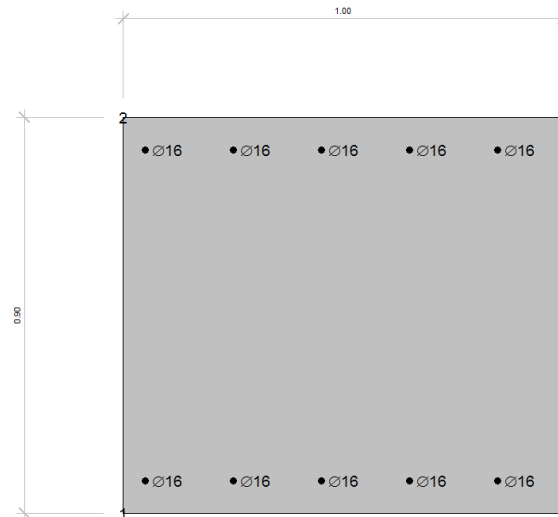


Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura verticale):

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	90.0	
Armatura tesa – lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ16/20	= 10.05



Copriferro c (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40	
Armatura compressa – lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )		1Φ16/20	= 10.05
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1+1.6+0.8	7.40	



### 8.6.3 VERIFICHE PORZIONE SUPERIORE RISVOLTO

#### 8.6.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA ORIZZONTALE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-16566	-0.0035 (sez)	699	0.01 (arm)
Mx	-314	0.01 (arm)	315	0.01 (arm)
My	-384	0.01 (arm)	311	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M1max- Elem.3088 - Comb: 28-1A) lld.1 V+A+ 2	-207	0.00	0.00	217	0
2	1A)M1min - Elem.2764 - Comb: 30-1A) lld.1 V-A+ 2	19	0.00	0.00	-33	0
3	1A)F1max Traz. - Elem.3088 - Comb: 6-1A) lld.1 V+A+ 2	74	0.00	0.00	26	0
4	1A)F1max Comp. - Elem.3088 - Comb: 6-1A) lld.1 V+A+ 2	-222	0.00	0.00	167	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.3576	armatura
2	7.7376	armatura
3	5.6662	armatura
4	4.0378	armatura

##### Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-16650	-0.0035 (sez)	787	0.01 (arm)
Mx	-314	0.01 (arm)	627	0.01 (arm)
My	-525	0.01 (arm)	491	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.2785 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-48	0.00	0.00	390	0
2	1A) M1min - Elem.6717 - Comb: 4-1A) Ic.1 V-A+ 2	4	0.00	0.00	-28	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.3131 - Comb: 16a-1A) Ilc.1 V+A+ 2	282	0.00	0.00	262	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.6508 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-741	0.00	0.00	242	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.6902	armatura
2	10.6367	armatura
3	1.6686	armatura
4	8.9687	sezione

### 8.6.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA VERTICALE)

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-16566	-0.0035 (sez)	699	0.01 (arm)
Mx	-309	0.01 (arm)	311	0.01 (arm)
My	-384	0.01 (arm)	311	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	1A) M2max - Elem.37 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	-79	0.00	0.00	310	0
2	1A) M2min - Elem.6717 - Comb: 3-1A) Ic.1 V-A+ 1	20	0.00	0.00	-153	0
3	1A) F2max Traz. - Elem.3203 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	94	0.00	0.00	-6	0
4	1A) F2max Comp. - Elem.6508 - Comb: 16a-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-285	0.00	0.00	-2	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	1.1155	armatura
2	1.9304	armatura
3	7.1697	armatura
4	57.3713	sezione

### 8.6.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-153	0.00	0.00	158	0
2	14	0.00	0.00	-24	0
3	53	0.00	0.00	18	0
4	-164	0.00	0.00	119	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-158	0.00	0.00	99	0
2	19	0.00	0.00	-17	0
3	41	0.00	0.00	7	0
4	-162	0.00	0.00	85	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-162	0.00	0.00	77	0
2	19	0.00	0.00	-14	0
3	38	0.00	0.00	5	0
4	-162	0.00	0.00	77	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{e max}$	$\sigma_{e min}$
1	2)M1max - Elem.3088 - Comb: 14a-2) IId.1 V+A+	-2.71	0.00	128.44	-29.00
2	2)M1min - Elem.2764 - Comb: 15b-2) IId.1 V-A+	-0.45	0.00	38.24	-3.63
3	2)F1max Traz. - Elem.3088 - Comb: 3-2) Id.1 V+A+	-0.29	0.00	54.33	-0.42
4	2)F1max Comp. - Elem.3088 - Comb: 3-2) Id.1 V+A+	-1.95	0.00	75.51	-22.01

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{e max}$	$\sigma_{e min}$
1	3)M1max - Elem.3088 - Comb: 11-3) IId.1 A+	-1.57	0.00	54.17	-18.27
2	3)M1min - Elem.2764 - Comb: 11-3) IId.1 A+	-0.31	0.00	31.67	-2.22
3	3)F1max Traz. - Elem.3088 - Comb: 3-3) Id.1 V+A+	0.25	0.00	35.02	5.83
4	3)F1max Comp. - Elem.3088 - Comb: 3-3) Id.1 V+A+	-1.29	0.00	36.75	-15.52

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{e max}$	$\sigma_{e min}$
1	4)M1max - Elem.3088 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-1.12	0.00	27.85	-13.80
2	4)M1min - Elem.2764 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-0.26	0.00	28.48	-1.71
3	4)F1max Traz. - Elem.3088 - Comb: 2-4) Id.1 A+	0.43	0.00	29.90	7.97
4	4)F1max Comp. - Elem.3088 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-1.12	0.00	27.85	-13.80

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.3088 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=258.94$  a  $x=500.00$   $y=246.29$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 157236.88 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

Tensione baricentrica = 53.71

Copriferro = 50.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000157$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.4412$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0936$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.2764 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=784.93$  a  $x=500.00$   $y=841.17$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156463.57 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

Tensione baricentrica = 30.75

Copriferro = 50.09

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000090$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 593.6448$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0534$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.3088 - Comb: 3-3) Id.1 V+A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 156463.57 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 11.59$$

$$\text{Copriferro} = 50.09$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.6491 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000034 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 719.8507$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0244 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.3088 - Comb: 3-3) Id.1 V+A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=293.40 a x=500.00 y=284.24

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157220.39 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 36.51$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000107 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.3891$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0636 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.3088 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=319.91 a x=500.00 y=312.93

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157209.70 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 27.71$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000081 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.3567$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0483 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.2764 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=791.63 a x=500.00 y=855.07

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 155628.56 \quad \rho_{eff} = 0.0065$$

Tensione baricentrica = 27.56

Copriferro = 50.12

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000081$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 591.4703$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0477$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.3088 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 155628.56$   $\rho_{eff} = 0.0065$

Tensione baricentrica = 13.30

Copriferro = 50.12

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.7251$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000039$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 781.0778$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0304$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.3088 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 319.91$  a  $x = 500.00$   $y = 312.93$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cs,eff} = 157209.70$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 27.71

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000081$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.3567$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0483$  ( $< 0.2000$ )

Armatura aggiuntiva

**Sollecitazioni di progetto – rara**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-32	0.00	0.00	270	0
2	3	0.00	0.00	-19	0
3	211	0.00	0.00	192	0
4	-545	0.00	0.00	178	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-8	0.00	0.00	240	0
2	-16	0.00	0.00	-13	0
3	170	0.00	0.00	146	0
4	-425	0.00	0.00	140	0

**Sollecitazioni di progetto - q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1	0.00	0.00	170	0
2	-11	0.00	0.00	-6	0
3	134	0.00	0.00	131	0
4	-368	0.00	0.00	120	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max - Elem.2785 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-3.39	0.00	165.47	-35.78
2	2)M1min - Elem.6717 - Comb: 2-2)Ilc.1 V-A+	-0.33	0.00	25.77	-2.89
3	2)F1max Traz. - Elem.3131 - Comb: 8a-2)IIa.1 V+A+	-2.00	0.00	173.34	-15.91
4	2)F1max Comp. - Elem.6508 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-2.12	0.00	19.03	-28.24

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.2785 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.99	0.00	151.78	-31.21
2	3)M1min - Elem.3193 - Comb: 9a-3)IIb.1 A+	-0.21	0.00	8.98	-2.27
3	3)F1max Traz. - Elem.3131 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-1.49	0.00	134.16	-11.56
4	3)F1max Comp. - Elem.6508 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.67	0.00	15.28	-22.21

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.2785 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-2.11	0.00	108.59	-21.96
2	4)M1min - Elem.3193 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-0.09	0.00	2.66	-1.04
3	4)F1max Traz. - Elem.3131 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-1.39	0.00	115.83	-11.39
4	4)F1max Comp. - Elem.6508 - Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-1.43	0.00	12.78	-19.04

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.2785 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=188.06$  a  $x=500.00$   $y=193.16$

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cs,eff} = 164604.61 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 151.25$$

$$\text{Copri ferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \epsilon_{sm} = 0.000443 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 392.6825$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1738 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.3193 - Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=678.90$  a  $x=500.00$   $y=701.36$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c,ls,eff} = 157278.64 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 8.85$$

$$\text{Copriferro} = 50.01$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000026 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.5882$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0154 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.3131 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=117.56 \quad \text{a } x=500.00 \quad y=120.94$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2010.62$$

$$A_{c,ls,eff} = 164518.07 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 133.88$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000392 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 392.5640$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1538 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.6508 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=519.60 \quad \text{a } x=500.00 \quad y=527.01$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2010.62$$

$$A_{c,ls,eff} = 164720.71 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 15.13$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000044 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 392.8424$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0174 \quad (<0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.2785 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x=-500.00 \quad y=186.26 \quad \text{a } x=500.00 \quad y=191.33$$

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 2010.62$$

$$A_{c,ls,eff} = 164603.06 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 108.21$$

$$\text{Copriferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000317$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.6804$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1244$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.3193 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 617.91$  a  $x = 500.00$   $y = 634.02$

Armatore efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157252.43$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 2.63

Copriferro = 50.01

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000008$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.4931$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0046$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.3131 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 125.34$  a  $x = 500.00$   $y = 128.98$

Armatore efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 164531.22$   $\rho_{eff} = 0.0122$

Tensione baricentrica = 115.56

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000338$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.5819$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1328$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.6508 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 524.36$  a  $x = 500.00$   $y = 531.78$

Armatore efficaci: Area totale = 2010.62

$A_{cls,eff} = 164721.39$   $\rho_{eff} = 0.0122$

Tensione baricentrica = 12.65

Copriferro = 50.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000037$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 392.8433$



Ampiezza fessure  $w_d = 0.0145$  ( $< 0.2000$ )

### 8.6.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-54	0.00	0.00	220	0
2	-68	0.00	0.00	-102	0
3	30	0.00	0.00	180	0
4	-209	0.00	0.00	-2	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-25	0.00	0.00	85	0
2	-53	0.00	0.00	-83	0
3	51	0.00	0.00	-14	0
4	-198	0.00	0.00	-1	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-16	0.00	0.00	79	0
2	-180	0.00	0.00	-63	0
3	25	0.00	0.00	52	0
4	-197	0.00	0.00	-13	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max- Elem.37 - Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-4.09	0.00	259.05	-38.90
2	2)M2min- Elem.3203 - Comb: 8a-2)IIa.1 V+A+	-1.82	0.00	97.50	-16.36
3	2)F2maxTraz. - Elem.37 - Comb: 25a-2)IIIa.1 V+A+F-	-3.40	0.00	249.75	-30.05
4	2)F2max Comp. - Elem.6508 - Comb: 8a-2)IIa.1 V+A+	-0.24	-0.21	-3.16	-3.57

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max- Elem.37 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-1.57	0.00	98.02	-15.11
2	3)M2min- Elem.3203 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-1.48	0.00	80.43	-13.26
3	3)F2maxTraz. - Elem.3203 - Comb: 11-3)IId.1 A+	-0.15	0.00	49.10	1.83
4	3)F2max Comp. - Elem.3107 - Comb: 3-3)Id.1 V+A+	-0.22	-0.20	-3.07	-3.31

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max- Elem.37 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-1.47	0.00	94.73	-13.90
2	4)M2min- Elem.3107 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.82	0.00	11.12	-10.23
3	4)F2maxTraz. - Elem.37 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.99	0.00	80.68	-8.19
4	4)F2max Comp. - Elem.3107 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-0.30	-0.12	-1.97	-4.33

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.37 - Comb: 11-3) IId.1 A+

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=165.17$  a  $x=500.00$   $y=135.94$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cs,eff} = 172636.75 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 96.35$$

$$\text{Copriferro} = 66.03$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \phi_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000282$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 691.5993$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1950$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.3203 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 713.18$  a  $x = 500.00$   $y = 738.33$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$A_{cls,eff} = 157288.95$   $\rho_{eff} = 0.0064$

Tensione baricentrica = 79.24

Copriferro = 50.02

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000232$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 595.6287$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1381$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.3203 - Comb: 11-3) IIId.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 849.32$  a  $x = -349.63$   $y = 900.00$

Armature efficaci: Area totale = 603.19

$A_{cls,eff} = 80120.53$   $\rho_{eff} = 0.0075$

Tensione baricentrica = 46.02

Copriferro = 53.21

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000135$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 542.1935$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0730$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.3107 - Comb: 3-3) Id.1 V+A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 603.19

$A_{cls,eff} = 80120.53$   $\rho_{eff} = 0.0075$

Tensione baricentrica = -3.09

Copriferro = 53.21

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.37 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=160.91$  a  $x=500.00$   $y=130.35$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 172642.75 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 93.05$$

$$\text{Copri ferro} = 66.03$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000272 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 691.6256$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1884 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.3107 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=457.75$  a  $x=500.00$   $y=458.37$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 157176.40 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 11.12$$

$$\text{Copri ferro} = 50.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000033 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 595.2619$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0194 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.37 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=133.96$  a  $x=500.00$   $y=92.35$

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 172688.32 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 78.84$$

$$\text{Copri ferro} = 66.06$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33642.78$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 3.10$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000231 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 691.8491$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1596 \quad (< 0.2000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.3107 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{c_{ls,eff}} = 172688.32 \quad \rho_{eff} = 0.0058$$

Tensione baricentrica = -4.30

Copriferro = 66.06

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 16.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 33642.78

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 3.10$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.2000$ )

### 8.6.3.5 VERIFICA A TAGLIO

La massima sollecitazione a taglio è pari a  $T=327\text{kN}$  (Comb: 24-1A) IIc.1 V+A+ 2).

L'entità di tale sollecitazione relativamente alla fase definitiva richiede un'apposita armatura a taglio dei risvolti tramite spille  $\phi 10$  60x20.

Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	408.09	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	327.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	408.09	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	2678.44	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

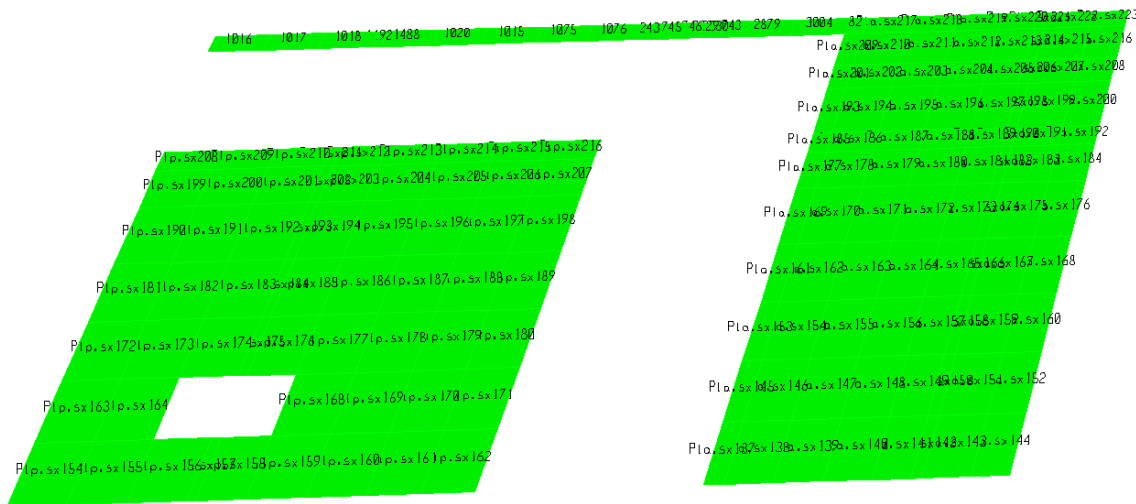
$\theta$	=	25.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	82.60	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	10	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	392.5	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe
$s$	=	60	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

## 8.7 PLATEA DI FONDAZIONE

### 8.7.1 NUMERAZIONE ELEMENTI PLATEA

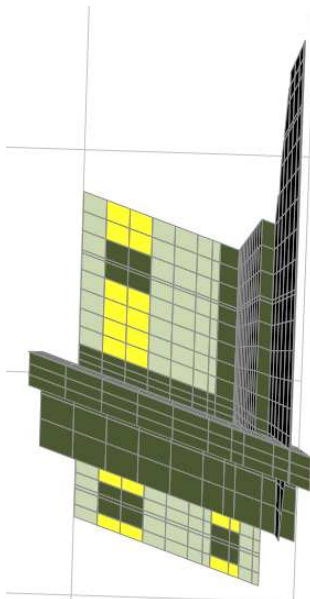
Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.



### 8.7.2 ARMATURA ADOTTATA PER LA PLATEA

Caratteristiche geometriche della sezione – Direzione 1 (armatura parallela alla direzione longitudinale del ponte):

L'armatura parallela alla direzione longitudinale del ponte è stata convenientemente aumentata all'estradosso della platea in corrispondenza dei pali. Nell'immagine sotto riportata si osservano evidenziate in grigio le porzioni di platea caratterizzate da armatura base ed in giallo quelle caratterizzate da armatura aggiuntiva.



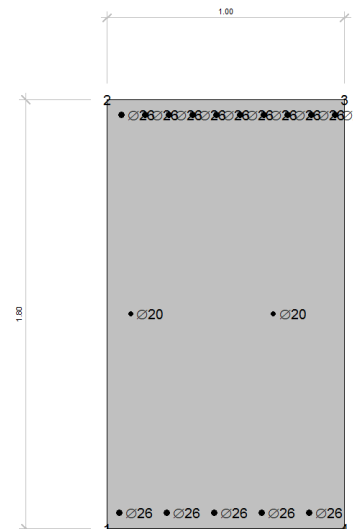
- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura superiore c (cm)	4+1.2+1.3	6.50
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura inferiore c' (cm)	4+1.2+1.3	6.50
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



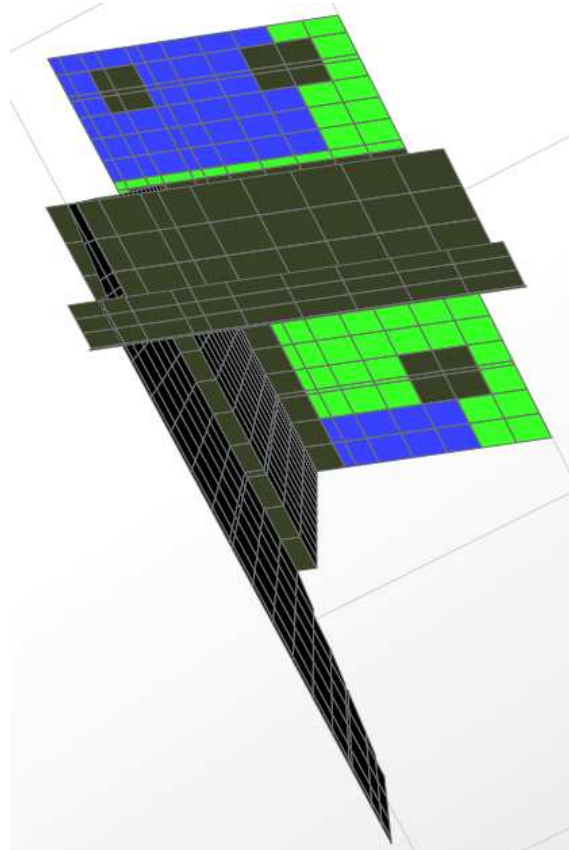
- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20 + 1Φ26/20	= 53.00
Copriferro c (cm)	4+1.2+1.3	5.8
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1.2+1.3	5.80
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



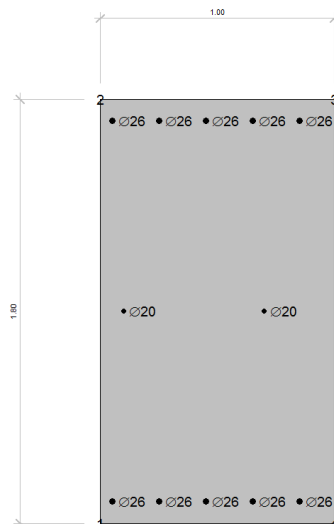
Caratteristiche geometriche della sezione - Direzione 2 (armatura parallela al fusto):

L'armatura parallela al fusto è stata aumentata all'estradosso della platea in corrispondenza degli spigoli esterni della platea. Nell'immagine sotto riportata si osservano evidenziate in verde le porzioni di platea caratterizzate da armatura base ed in blu quelle caratterizzate da armatura aggiuntiva.



- Armatura base

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro c (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



- Armatura aggiuntiva

Larghezza b (cm)	100.0	
Altezza h (cm)	180.0	
Armatura superiore_ lato non contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20 + 1Φ26/40	= 39.75
Copriferro c (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura inferiore_ lato contro terra (cm <sup>2</sup> )	1Φ26/20	= 26.50
Copriferro armatura compressa c' (cm)	4+1.2+2.6+1.3	9.10
Armatura intermedia (cm <sup>2</sup> )	1Φ20/60	=5.24



### 8.7.3 VERIFICHE PLATEA

#### 8.7.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 1 (ARMATURA PARALLELA ALLA DIREZIONE LONGITUDINALE DEL PONTE)

##### Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):



Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27408	-0.0035 (sez)	2033	0.01 (arm)
Mx	-1920	0.01 (arm)	1918	0.01 (arm)
My	-1135	0.01 (arm)	894	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.Pla.sx190 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-637	0.00	0.00	1255	0
2	1A) M1min - Elem.2879 - Comb: 16a-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-175	0.00	0.00	-1250	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.Plp.sx157 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	348	0.00	0.00	644	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.Pla.sx190 - Comb: 42-1A) Ilc.2 V-A+ 2	-646	0.00	0.00	1056	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.5242	armatura
2	1.7327	armatura
3	2.0657	armatura
4	3.3697	armatura

Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27679	-0.0035 (sez)	2323	0.01 (arm)
Mx	-1923	0.01 (arm)	3629	0.01 (arm)
My	-1381	0.01 (arm)	1250	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-445	0.00	0.00	1250	0
2	1A) M1min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 16a-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-475	0.00	0.00	-1280	0
3	1A) F1max Traz. - Elem.Plp.sx168 - Comb: 26-1A) Ilc.1 V-A+ 2	208	0.00	0.00	8	0
4	1A) F1max Comp. - Elem.Pla.sx196 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-531	0.00	0.00	64	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.8742	armatura
2	2.1584	armatura
3	11.7096	armatura
4	44.2702	sezione

### 8.7.3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE – DIREZIONE 2 (ARMATURA PARALLELA AL FUSTO)

Armatura base

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27407	-0.0035 (sez)	2033	0.01 (arm)
Mx	-1887	0.01 (arm)	1883	0.01 (arm)
My	-1135	0.01 (arm)	894	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A) M2max - Elem.Plp.sx212 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	76	0.00	0.00	830	0
2	1A) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 16a-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-23	0.00	0.00	-821	0
3	1A) F2max Traz. - Elem.Plp.sx184 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	530	0.00	0.00	41	0
4	1A) F2max Comp. - Elem.Plp.sx159 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-161	0.00	0.00	371	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.1124	armatura
2	2.3505	armatura
3	3.8317	armatura
4	7.7231	armatura

Armatura aggiuntiva

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27577	-0.0035 (sez)	2273	0.01 (arm)
Mx	-1886	0.01 (arm)	2561	0.01 (arm)
My	-1265	0.01 (arm)	993	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	1A)M2max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	49	0.00	0.00	650	0
2	1A)M2min - Elem.Pla.sx202 - Comb: 16a-1A)Ila.1 V+A+ 2	-51	0.00	0.00	-583	0
3	1A)F2max Traz. - Elem.Plp.sx208 - Comb: 28-1A)Ild.1 V+A+ 2	591	0.00	0.00	450	0
4	1A)F2max Comp. - Elem.Pla.sx192 - Comb: 24-1A)Ilc.1 V+A+ 2	-226	0.00	0.00	-36	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.7140	armatura
2	3.4835	armatura
3	2.7504	armatura
4	101.8341	sezione

### 8.7.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 1 (ARMATURA PARALLELA ALLA DIREZIONE LONGITUDINALE DEL PONTE)

Armatura base

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	-473	0.00	0.00	930	0
2	-129	0.00	0.00	-940	0
3	258	0.00	0.00	475	0
4	-479	0.00	0.00	785	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	-409	0.00	0.00	825	0
2	-114	0.00	0.00	-750	0
3	220	0.00	0.00	448	0
4	-411	0.00	0.00	710	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc. X	Ecc. Y	Mx	My
1	-372	0.00	0.00	767	0
2	-110	0.00	0.00	-450	0
3	200	0.00	0.00	419	0
4	-373	0.00	0.00	660	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	2)M1max - Elem.Pla.sx190 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-3.34	0.00	132.31	-43.14
2	2)M1min - Elem.2879 - Comb: 8a-2)Ila.1 V+A+	-3.51	0.00	189.87	-43.34
3	2)F1max Traz. - Elem.Plp.sx157 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-1.77	0.00	153.59	-19.59
4	2)F1max Comp. - Elem.Pla.sx190 - Comb: 21b-2)Ilc.2 V-A+	-2.77	0.00	99.75	-36.23

Verifiche alle tensioni – frequente

**Comb. Descrizione**

		$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max - Elem.Pla.sx190 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.97	0.00	118.99	-38.28
2	3)M1min - Elem.2879 - Comb: 8a-3)Ila.1 A+	-2.80	0.00	149.64	-34.61
3	3)F1max Traz. - Elem.Plp.sx157 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-1.68	0.00	140.48	-18.72
4	3)F1max Comp. - Elem.Pla.sx190 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.52	0.00	93.50	-32.83

**Verifiche alle tensioni – q.permanente****Comb. Descrizione**

		$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max - Elem.Pla.sx190 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.76	0.00	111.89	-35.60
2	4)M1min - Elem.2879 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.67	0.00	82.88	-20.86
3	4)F1max Traz. - Elem.Plp.sx157 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-1.57	0.00	130.31	-17.57
4	4)F1max Comp. - Elem.Pla.sx190 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.35	0.00	88.26	-30.54

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.Pla.sx190 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=483.11 a x=500.00 y=435.74

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 211284.32 \quad \rho_{eff} = 0.0126$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 117.24$$

$$\text{Copriferro} = 52.07$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000343 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 528.8374$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1815 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.2879 - Comb: 8a-3) Ila.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=1406.93 a x=500.00 y=1478.62

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 203242.54 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 146.58$$

$$\text{Copriferro} = 52.17$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000429 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 515.7672$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.2213 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.Plp.sx157 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=280.58 a x=500.00 y=147.25

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 183721.20 \quad \rho_{eff} = 0.0144$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 135.70$$

Copriferro = 52.58

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000397$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 484.6527$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1925$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1 max Comp. - Elem.Pla.sx190 - Comb: 10-3) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 509.81$  a  $x = 500.00$   $y = 467.85$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 213098.17$   $\rho_{eff} = 0.0125$

Tensione baricentrica = 92.25

Copriferro = 52.06

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000270$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 531.8042$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1436$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1 max - Elem.Pla.sx190 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 479.82$  a  $x = 500.00$   $y = 431.74$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 211046.43$   $\rho_{eff} = 0.0126$

Tensione baricentrica = 110.23

Copriferro = 52.08

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000323$  Distanza fessure  $\Delta_{s \max} = 528.4488$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1705$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1 min - Elem.2879 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1385.47$  a  $x = 500.00$   $y = 1450.26$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 205503.74$   $\rho_{eff} = 0.0129$

Tensione baricentrica = 81.32

Copriferro = 52.14

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000238$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 519.4283$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1236$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Traz. - Elem.Plp.sx157 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 282.48$  a  $x = 500.00$   $y = 150.88$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 184253.45$   $\rho_{eff} = 0.0144$

Tensione baricentrica = 125.93

Copriferro = 52.56

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000369$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 485.4886$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1789$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F1max Comp. - Elem.Pla.sx190 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 505.25$  a  $x = 500.00$   $y = 462.40$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cls,eff} = 212801.75$   $\rho_{eff} = 0.0125$

Tensione baricentrica = 87.07

Copriferro = 52.06

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000255$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 531.3189$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1354$  ( $< 0.3000$ )

### Armatura aggiuntiva

#### **Sollecitazioni di progetto – rara**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-330	0.00	0.00	1056	0
2	-352	0.00	0.00	-1071	0
3	154	0.00	0.00	4	0
4	-394	0.00	0.00	49	0

#### **Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-285	0.00	0.00	913	0
2	-315	0.00	0.00	-920	0
3	135	0.00	0.00	26	0
4	-341	0.00	0.00	37	0

#### **Sollecitazioni di progetto - q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-259	0.00	0.00	839	0
2	-288	0.00	0.00	-759	0
3	126	0.00	0.00	41	0
4	-311	0.00	0.00	28	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M1max- Elem.Pla.sx204 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-2.92	0.00	96.95	-38.23
2	2)M1min- Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-2)IIa.1 V+A+	-3.69	0.00	180.81	-46.26
3	2)F1max Traz. - Elem.Plp.sx168 - Comb: 13b-2)Ilc.1 V-A+	0.70	0.00	28.02	11.32
4	2)F1max Comp. - Elem.Pla.sx196 - Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-0.30	-0.12	-1.83	-4.34

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M1max- Elem.Pla.sx204 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.52	0.00	83.85	-33.05
2	3)M1min- Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-3.17	0.00	153.24	-39.76
3	3)F1max Traz. - Elem.Plp.sx168 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	0.85	0.00	19.13	13.07
4	3)F1max Comp. - Elem.Pla.sx196 - Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-0.25	-0.11	-1.70	-3.63

**Verifiche alle tensioni - q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M1max- Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.32	0.00	77.27	-30.35
2	4)M1min- Elem.Pla.sx193 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-2.60	0.00	121.84	-32.82
3	4)F1max Traz. - Elem.Plp.sx168 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	0.77	0.00	16.77	11.83
4	4)F1max Comp. - Elem.Pla.sx196 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-0.22	-0.11	-1.68	-3.18

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente**

**Combinazione frequente: 3) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=519.65 a x=500.00 y=547.59

Armature efficaci: Area totale = 5309.29

$$A_{c,s,eff} = 237321.36 \quad \rho_{eff} = 0.0224$$

Tensione baricentrica = 82.98

Copriferro = 52.03

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000243$  Distanza fessure  $\Delta_s,max = 374.4569$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0909$  (<0.3000)

**Combinazione frequente: 3) M1min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da x=-500.00 y=1373.29 a x=500.00 y=1452.82

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c,s,eff} = 200692.30 \quad \rho_{eff} = 0.0132$$

Tensione baricentrica = 149.70

Copriferro = 52.21

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000438$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 511.6516$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2242$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Traz. - Elem.Plp.sx168 - Comb: 10-3) Iic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 200692.30$   $\rho_{eff} = 0.0132$

Tensione baricentrica = 17.84

Copriferro = 52.21

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.8863$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000052$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 769.8117$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0402$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F1max Comp. - Elem.Pla.sx196 - Comb: 10-3) Iic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$A_{cs,eff} = 200692.30$   $\rho_{eff} = 0.0132$

Tensione baricentrica = -3.61

Copriferro = 52.21

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 518.44$  a  $x = 500.00$   $y = 546.39$

Armature efficaci: Area totale = 5309.29

$A_{cs,eff} = 237322.07$   $\rho_{eff} = 0.0224$

Tensione baricentrica = 76.47

Copriferro = 52.03

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000224$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 374.4576$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0838$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M1min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1363.02$  a  $x=500.00$   $y=1440.27$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cfs,eff} = 201429.60 \quad \rho_{eff} = 0.0132$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 119.08$$

$$\text{Copriferro} = 52.19$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000349 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 512.8400$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1787 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1 max Traz. - Elem.Plp.sx168 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cfs,eff} = 201429.60 \quad \rho_{eff} = 0.0132$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 12.94$$

$$\text{Copriferro} = 52.19$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9143 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000038 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 790.7041$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0299 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F1 max Comp. - Elem.Pla.sx196 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cfs,eff} = 201429.60 \quad \rho_{eff} = 0.0132$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -3.17$$

$$\text{Copriferro} = 52.19$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

### 8.7.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE-DIREZIONE 2 (ARMATURA PARALLELA AL FUSTO)

Armatura base

**Sollecitazioni di progetto – rara**



Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	57	0.00	0.00	580	0
2	-16	0.00	0.00	-606	0
3	392	0.00	0.00	30	0
4	-120	0.00	0.00	273	0

**Sollecitazioni di progetto – frequente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	61	0.00	0.00	460	0
2	-11	0.00	0.00	-520	0
3	326	0.00	0.00	-8	0
4	-103	0.00	0.00	-430	0

**Sollecitazioni di progetto – q.permanente**

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	59	0.00	0.00	350	0
2	-11	0.00	0.00	-436	0
3	293	0.00	0.00	-25	0
4	-94	0.00	0.00	-378	0

**Verifiche alle tensioni – rara**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	2)M2max - Elem.Plp.sx212 - Comb: 12a-2)IId.1 V+A+	-2.27	0.00	143.12	-24.56
2	2)M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-2)IIa.1 V+A+	-2.36	0.00	136.25	-26.17
3	2)F2maxTraz. - Elem.Plp.sx184 - Comb: 14a-2)IIId.1 V+A+	2.55	0.00	91.20	41.31
4	2)F2max Comp. - Elem.Plp.sx159 - Comb: 14a-2)IIId.1 V+A+	-1.02	0.00	42.55	-12.18

**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	3)M2max - Elem.Plp.sx212 - Comb: 11-3)IIId.1 A+	-1.80	0.00	116.32	-19.36
2	3)M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-2.02	0.00	117.39	-22.44
3	3)F2maxTraz. - Elem.Plp.sx184 - Comb: 11-3)IIId.1 A+	2.42	0.00	71.90	38.30
4	3)F2max Comp. - Elem.Pla.sx201 - Comb: 8a-3)IIa.1 A+	-1.64	0.00	81.04	-19.00

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	4)M2max - Elem.Plp.sx212 - Comb: 2-4)Id.1 A+	-1.37	0.00	90.76	-14.63
2	4)M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.70	0.00	98.11	-18.83
3	4)F2maxTraz. - Elem.Plp.sx184 - Comb: 2-4)Id.1 A+	1.86	0.00	68.77	30.28
4	4)F2max Comp. - Elem.Pla.sx201 - Comb: 1-4)Ic.1 A+	-1.44	0.00	70.66	-16.71

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente**

**Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.Plp.sx212 - Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=337.44$  a  $x=500.00$   $y=242.64$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 265537.33 \quad \rho_{eff} = 0.0100$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 113.28$$

$$\text{Copriferro} = 78.41$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000332$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=708.7085$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2350$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1434.68$  a  $x=500.00$   $y=1516.77$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 266983.27 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 114.66$$

$$\text{Copriferro} = 78.31$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000336$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=710.7694$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.2385$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.Plp.sx184 - Comb: 11-3) IIId.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 266983.27 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 58.53$$

$$\text{Copriferro} = 78.31$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9153 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000171$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=1080.0220$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1850$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.Pla.sx201 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1388.41$  a  $x=500.00$   $y=1454.10$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 268078.05 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 79.46$$

$$\text{Copriferro} = 78.20$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm}=0.000233$  Distanza fessure  $\Delta_{s\max}=712.2183$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1656$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.Plp.sx212 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=331.39$  a  $x=500.00$   $y=233.44$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 264871.48 \quad \rho_{eff} = 0.0100$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 88.32$$

$$\text{Copriferro} = 78.44$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000259 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 707.6934$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1829 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.Pla.sx193 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1433.89 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1515.66$$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 267015.63 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 95.84$$

$$\text{Copriferro} = 78.30$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000281 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 710.8151$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1994 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.Plp.sx184 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 267015.63 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 56.74$$

$$\text{Copriferro} = 78.30$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.8401 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000166 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 1013.1870$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1683 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.Pla.sx201 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -500.00 \quad y = 1386.27 \quad \text{a } x = 500.00 \quad y = 1451.31$$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{c_{ls,eff}} = 268037.81 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 69.30$$

$$\text{Copriferro} = 78.19$$

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000203$  Distanza fessure  $\Delta s_{\text{max}} = 712.1382$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1444$  ( $< 0.3000$ )

### Armatura aggiuntiva

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	36	0.00	0.00	350	0
2	-38	0.00	0.00	-429	0
3	436	0.00	0.00	320	0
4	-168	0.00	0.00	-27	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	29	0.00	0.00	280	0
2	-35	0.00	0.00	-364	0
3	352	0.00	0.00	233	0
4	-146	0.00	0.00	-22	0

#### Sollecitazioni di progetto - q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	24	0.00	0.00	185	0
2	-33	0.00	0.00	-322	0
3	311	0.00	0.00	155	0
4	-135	0.00	0.00	-17	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{\text{max}}$	$\sigma_{\text{min}}$	$\sigma_{\text{a max}}$	$\sigma_{\text{a min}}$
1	2) M2max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-1.28	0.00	64.93	-14.66
2	2) M2min - Elem.Pla.sx202 - Comb: 8a-2) Ila.1 V+A+	-1.57	0.00	91.11	-17.47
3	2) F2max Traz. - Elem.Plp.sx208 - Comb: 14a-2) Ild.1 V+A+	-1.23	0.00	128.58	-10.45
4	2) F2max Comp. - Elem.Pla.sx192 - Comb: 12a-2) Ilc.1 V+A+	-0.13	-0.04	-0.71	-1.92

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{\text{max}}$	$\sigma_{\text{min}}$	$\sigma_{\text{a max}}$	$\sigma_{\text{a min}}$
1	3) M2max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-1.02	0.00	51.97	-11.72
2	3) M2min - Elem.Pla.sx202 - Comb: 8a-3) Ila.1 A+	-1.33	0.00	76.83	-14.84
3	3) F2max Traz. - Elem.Plp.sx208 - Comb: 11-3) Ild.1 A+	-0.85	0.00	101.10	-6.45
4	3) F2max Comp. - Elem.Pla.sx192 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+	-0.11	-0.04	-0.65	-1.63

#### Verifiche alle tensioni - q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{\text{max}}$	$\sigma_{\text{min}}$	$\sigma_{\text{a max}}$	$\sigma_{\text{a min}}$
1	4) M2max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.68	0.00	34.99	-7.73
2	4) M2min - Elem.Pla.sx202 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-1.18	0.00	67.61	-13.14
3	4) F2max Traz. - Elem.Plp.sx208 - Comb: 2-4) Id.1 A+	-0.29	0.00	83.07	0.52
4	4) F2max Comp. - Elem.Pla.sx192 - Comb: 1-4) Ic.1 A+	-0.10	-0.04	-0.68	-1.44

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

Combinazione frequente: 3) M2max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 10-3) Ilc.1 A+

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 421.19$

a  $x = 500.00$   $y = 257.07$

Armature efficaci: Area totale = 3716.50

$$A_{cls,eff} = 251503.78 \quad \rho_{eff} = 0.0148$$

Tensione baricentrica = 49.41

Copriferro = 79.22

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000145$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 568.4505$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0822$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) M2min - Elem.Pla.sx202 - Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 1436.19$  a  $x = 500.00$   $y = 1497.14$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 267784.53 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

Tensione baricentrica = 75.49

Copriferro = 78.17

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000221$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 711.6369$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1572$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Traz. - Elem.Plp.sx208 - Comb: 11-3) IIId.1 A+**

asse neutro: da  $x = -500.00$   $y = 284.31$  a  $x = -210.82$   $y = 0.00$

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{cls,eff} = 155231.77 \quad \rho_{eff} = 0.0137$$

Tensione baricentrica = 91.20

Copriferro = 114.61

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000267$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 712.7631$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1903$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: 3) F2max Comp. - Elem.Pla.sx192 - Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{cls,eff} = 155231.77 \quad \rho_{eff} = 0.0137$$

Tensione baricentrica = -1.22

Copriferro = 114.61

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2max - Elem.Pla.sx204 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=416.52$  a  $x=500.00$   $y=248.57$

Armature efficaci: Area totale = 3716.50

$$A_{cls,eff} = 250506.09 \quad \rho_{eff} = 0.0148$$

Tensione baricentrica = 33.23

Copriferro = 79.27

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000097$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 567.4574$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0552$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) M2min - Elem.Pla.sx202 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=1434.92$  a  $x=500.00$   $y=1495.34$

Armature efficaci: Area totale = 2654.65

$$A_{cls,eff} = 267752.02 \quad \rho_{eff} = 0.0099$$

Tensione baricentrica = 66.44

Copriferro = 78.17

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000194$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 711.5729$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1384$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Traz. - Elem.Plp.sx208 - Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-500.00$   $y=147.99$  a  $x=-401.13$   $y=0.00$

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{cls,eff} = 171494.03 \quad \rho_{eff} = 0.0124$$

Tensione baricentrica = 73.20

Copriferro = 150.81

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000214$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 869.6714$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.1863$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: 4) F2max Comp. - Elem.Pla.sx192 - Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{cls,eff} = 171494.03 \quad \rho_{eff} = 0.0124$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.97$$

$$\text{Copri ferro} = 150.81$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

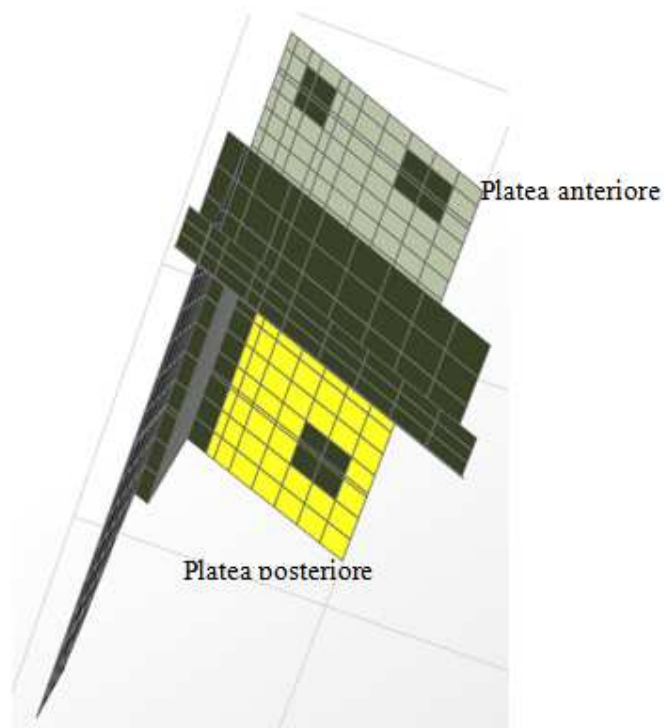
$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

### 8.7.3.5 VERIFICA A TAGLIO

L'entità di tale sollecitazione relativamente alla fase definitiva richiede un'apposita armatura a taglio. Per la verifica in questione la platea è stata suddivisa in due parti, una posteriore ed una anteriore: nella prima è stata inserita un'armatura a taglio base costituita da degli spilli  $\phi 12$  60x20 mentre nella seconda è necessaria un'armatura a taglio superiore costituita da degli spilli  $\phi 12$  40x20. Di seguito si riporta un'immagine delle due diverse fasce di platea considerate e le corrispondenti verifiche a taglio.



Platea posteriore

Nella parte posteriore della platea il taglio massimo si manifesta in condizioni statiche (Comb: 28-1A)

IId.1 V+A+ 2) ed è pari a 920 kN. Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	1328.63	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	920.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	1328.63	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	3882.33	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	23.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	170.00	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	12	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	565.2	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe
$s$	=	60	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

Platea anteriore

Nella parte anteriore della platea il taglio massimo si manifesta in condizioni statiche (Comb: 16a-1A)

IId.1 V+A+ 2) ed è pari a 1664 kN. Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	1992.95	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	1664.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	1992.95	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	3882.33	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

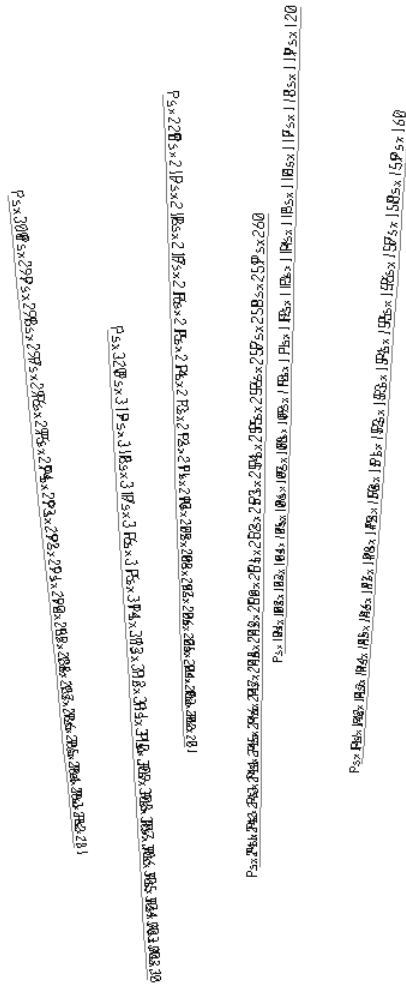
$\theta$	=	23.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b$	=	100.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	170.00	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{staf}$	=	12	mm	Diametro staffe
$A_{sw}$	=	565.2	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
	=	5	cm	n°braccia staffe
$s$	=	40	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe



## 8.8 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE

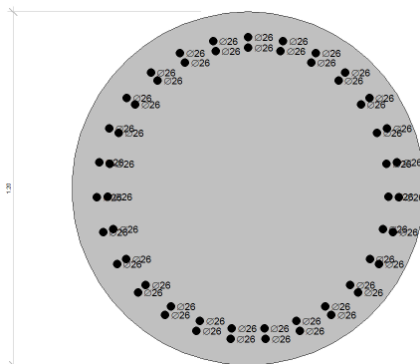
### 8.8.1 NUMERAZIONE ELEMENTI DEI PALI DI FONDAZIONE



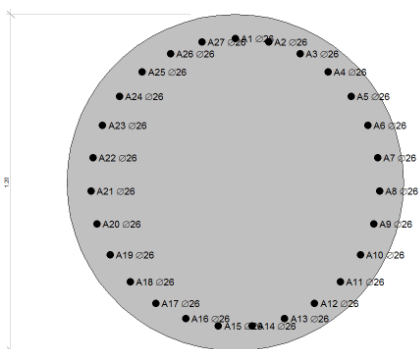
### 8.8.2 ARMATURA ADOTTATA PER I PALI

Diametro palo	$\phi=$	120,00	cm	
Area palo	$A_p=$	$\pi\phi^2/4=$	11304	cm <sup>2</sup>
Armatura palo 0-3m	$A_{a1}=$	27+27 $\phi$ 26	286.2	cm <sup>2</sup>
Copriferro fila esterna	$C_1=$	60+12+13=	85	mm
Copriferro fila interna	$C'_1=$	60+12+26+10+13=	121	mm
Armatura palo 3-9m	$A_{a2}=$	27 $\phi$ 26	143.1	cm <sup>2</sup>
Copriferro	$C_2=$	60+12+13=	85	mm
Armatura palo 9-20m	$A_{a3}=$	18 $\phi$ 20	56.52	cm <sup>2</sup>
Copriferro	$C_3=$	60+10+10=	80	mm

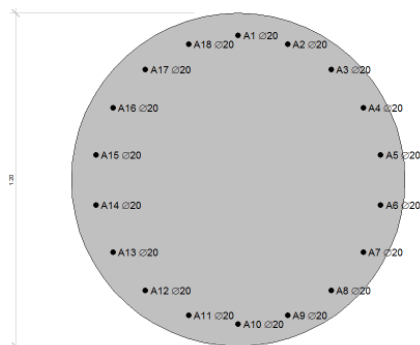
*Da testa palo a -3m da testa palo*



*Da -3 a -9m*



*Da -9m a piede palo*



### 8.8.3 VERIFICHE PALI

#### 8.8.3.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE

Da testa palo a -3m da testa palo

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-27135	-0.0035 (sez)	11219	0.01 (arm)
Mx	-4335	-0.0035 (sez)	4337	-0.0035 (sez)
My	-4339	-0.0035 (sez)	4339	-0.0035 (sez)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	M2max - Elem. N.Psx120 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-2262	0.00	0.00	1931	0
2	M2min - Elem. N.Psx318 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	-3010	0.00	0.00	577	0
3	M3max - Elem. N.Psx118 - Comb: 35a-1A) Ilb.2 V+A+ 1	-2337	0.00	0.00	44	0
4	M3min - Elem. N.Psx320 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-3378	0.00	0.00	1808	0
5	Pmin Comp. - Elem. N.Psx300 - Comb: 27-1A) Ild.1 V+A+ 1	-411	0.00	0.00	666	0
6	Pmax Comp. - Elem. N.Psx158 - Comb: 50a-1A) Illa.1 V+A+F- 2	-4972	0.00	0.00	148	0
7	smax - Elem. N.Psx120 - Comb: Inv.SLU 1A)	-1530	0.00	0.00	1773	0
8	smin - Elem. N.Psx320 - Comb: Inv.SLU 1A)	-3378	0.00	0.00	1811	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.6049	sezione
2	5.7142	sezione
3	11.1084	sezione
4	2.6647	sezione
5	7.2787	sezione
6	5.0831	sezione
7	2.7900	sezione
8	2.6597	sezione

Da -3m a -9m

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-21525	-0.0035 (sez)	5609	0.01 (arm)
Mx	-2454	-0.0035 (sez)	2455	-0.0035 (sez)
My	-2456	-0.0035 (sez)	2456	-0.0035 (sez)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	M2max - Elem. N.Psx117 - Comb: 3-1A) Ilc.1 V-A+ 1	-2326	0.00	0.00	40	0
2	M2min - Elem. N.Psx114 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-2491	0.00	0.00	547	0
3	M3max - Elem. N.Psx314 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-3645	0.00	0.00	351	0
4	M3min - Elem. N.Psx317 - Comb: 50a-1A) Illa.1 V+A+F- 2	-3046	0.00	0.00	235	0
5	Pmin Comp. - Elem. N.Psx297 - Comb: 27-1A) Ild.1 V+A+ 1	-496	0.00	0.00	191	0
6	Pmax Comp. - Elem. N.Psx152 - Comb: 50a-1A) Illa.1 V+A+F- 2	-5201	0.00	0.00	339	0
7	smax - Elem. N.Psx294 - Comb: Inv.SLU 1A)	-609	0.00	0.00	191	0
8	smin - Elem. N.Psx155 - Comb: Inv.SLU 1A)	-5048	0.00	0.00	465	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	8.8972	sezione
2	5.1234	sezione
3	4.6957	sezione
4	5.8794	sezione
5	17.7368	sezione
6	3.5414	sezione
7	16.8017	sezione
8	3.4265	sezione

Da -9m a piede palo

Sollecitazioni Resistenti (M,N):

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-18129	-0.0035 (sez)	2213	0.01 (arm)
Mx	-1027	0.01 (arm)	1027	0.01 (arm)
My	-1026	0.01 (arm)	1026	0.01 (arm)

Sollecitazioni di progetto:

Comb	Desc.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	M2max - Elem. N.Psx306 - Comb: 28-1A) Ild.1 V+A+ 2	-3507	0.00	0.00	43	0
2	M2min - Elem. N.Psx111 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-2605	0.00	0.00	395	0
3	M3max - Elem. N.Psx311 - Comb: 24-1A) Ilc.1 V+A+ 2	-3721	0.00	0.00	288	0
4	M3min - Elem. N.Psx301 - Comb: 4-1A) Ic.1 V-A+ 2	-3330	0.00	0.00	0	0
5	Pmin Comp. - Elem. N.Psx291 - Comb: 27-1A) Ild.1 V+A+ 1	-666	0.00	0.00	120	0
6	Pmax Comp. - Elem. N.Psx141 - Comb: 50a-1A) Illa.1 V+A+F- 2	-5621	0.00	0.00	0	0
7	smax - Elem. N.Psx291 - Comb: Inv.SLU 1A)	-666	0.00	0.00	160	0
8	smin - Elem. N.Psx151 - Comb: Inv.SLU 1A)	-5201	0.00	0.00	352	0

Verifiche:

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	5.0293	sezione
2	4.7952	sezione
3	4.0448	sezione
4	5.4433	sezione
5	17.4322	sezione
6	3.2254	sezione
7	14.7447	sezione
8	2.9613	sezione

### 8.8.3.2 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE – DA TESTA PALO A -3M DA TESTA PALO

Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1675	0.00	0.00	1428	0
2	-2260	0.00	0.00	428	0
3	-2236	0.00	0.00	57	0
4	-2494	0.00	0.00	1339	0
5	-424	0.00	0.00	655	0
6	-3672	0.00	0.00	109	0
7	-1675	0.00	0.00	1428	0
8	-2494	0.00	0.00	1339	0

Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-1917	0.00	0.00	1218	0
2	-695	0.00	0.00	147	0
3	-2228	0.00	0.00	61	0
4	-2170	0.00	0.00	1174	0
5	-610	0.00	0.00	634	0
6	-3379	0.00	0.00	103	0
7	-1808	0.00	0.00	1190	0
8	-2208	0.00	0.00	1175	0

Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2006	0.00	0.00	1105	0
2	-729	0.00	0.00	136	0
3	-1717	0.00	0.00	97	0
4	-2023	0.00	0.00	1084	0
5	-644	0.00	0.00	608	0
6	-3295	0.00	0.00	95	0
7	-1890	0.00	0.00	1105	0
8	-2023	0.00	0.00	1084	0

Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	M2max-Elem. N.Psx120-Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-8.18	0.00	116.02	-103.78
2	M2min-Elem. N.Psx318-Comb: 14a-2)Ild.1 V+A+	-3.12	0.00	-0.25	-43.04
3	M3max-Elem. N.Psx118-Comb: 18a-2)Ilb.2 V+A+	-1.66	-1.21	-18.67	-24.34
4	M3min-Elem. N.Psx320-Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-7.87	0.00	79.86	-102.32
5	Pmin Comp.-Elem. N.Psx300-Comb: 14a-2)Ild.1 V+A+	-3.67	0.00	65.23	-45.46
6	Pmax Comp.-Elem. N.Psx158-Comb: 25a-2)Illa.1 V+A+F-	-2.78	-1.93	-29.88	-40.74
7	smax-Elem. N.Psx120-Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-8.18	0.00	116.02	-103.78
8	smin-Elem. N.Psx320-Comb: 12a-2)Ilc.1 V+A+	-7.87	0.00	79.86	-102.32

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	M2max-Elem. N.Psx120-Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-7.08	0.00	83.18	-91.22
2	M2min-Elem. N.Psx298-Comb: 11-3)Ild.1 A+	-1.02	0.00	0.81	-14.05
3	M3max-Elem. N.Psx118-Comb: 9a-3)Ilb.1 A+	-1.67	-1.19	-18.39	-24.46
4	M3min-Elem. N.Psx320-Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-6.90	0.00	70.50	-89.62
5	Pmin Comp.-Elem. N.Psx300-Comb: 11-3)Ild.1 A+	-3.60	0.00	56.07	-45.28
6	Pmax Comp.-Elem. N.Psx158-Comb: 10-3)Ilc.1 A+	-2.57	-1.77	-27.37	-37.62
7	smax-Elem. N.Psx120-Comb: Inv.SLE 3)	-6.91	0.00	83.30	-88.78
8	smin-Elem. N.Psx320-Comb: Inv.SLE 3)	-6.91	0.00	69.52	-89.89

#### Verifiche alle tensioni – q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	M2max-Elem. N.Psx120-Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-6.48	0.00	67.42	-84.17
2	M2min-Elem. N.Psx298-Comb: 2-4)Ild.1 A+	-1.00	0.00	-0.19	-13.78
3	M3max-Elem. N.Psx218-Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-1.48	-0.72	-11.67	-21.33
4	M3min-Elem. N.Psx320-Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-6.37	0.00	64.54	-82.85
5	Pmin Comp.-Elem. N.Psx300-Comb: 2-4)Ild.1 A+	-3.47	0.00	51.74	-43.78
6	Pmax Comp.-Elem. N.Psx158-Comb: 1-4)Ilc.1 A+	-2.48	-1.74	-26.96	-36.42
7	smax-Elem. N.Psx120-Comb: Inv.SLE 4)	-6.46	0.00	70.86	-83.56
8	smin-Elem. N.Psx320-Comb: Inv.SLE 4)	-6.37	0.00	64.54	-82.85

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

**Combinazione frequente: M2max -Elem. N.Psx120 -Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

asse neutro: da  $x=-598.67$   $y=25.40$  a  $x=598.67$   $y=25.40$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cs,eff} = 196389.35 \quad \rho_{eff} = 0.0378$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 71.26$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \epsilon_{sm} = 0.000209 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 361.5819$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0754 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: M2min -Elem. N.Psx298 -Comb: 11-3) Ild.1 A+**

asse neutro: da  $x=-384.88$   $y=459.32$  a  $x=384.88$   $y=459.32$

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{cs,eff} = 62267.61 \quad \rho_{eff} = 0.0341$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 0.58$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000002 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 374.3949$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0006 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: M3max -Elem. N.Psx118 -Comb: 9a-3) IIb.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2123.72

$$A_{cs,eff} = 62267.61 \quad \rho_{eff} = 0.0341$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -18.48$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.000 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: M3min -Elem. N.Psx320 -Comb: 10-3) IIc.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -596.66 \quad y = 63.03 \quad \text{a } x = 596.66 \quad y = 63.03$$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cs,eff} = 183837.24 \quad \rho_{eff} = 0.0404$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 59.56$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000174 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 354.1179$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0617 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: Pmin Comp. -Elem. N.Psx300 -Comb: 11-3) IIId.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -597.23 \quad y = -52.89 \quad \text{a } x = 597.23 \quad y = -52.89$$

Armature efficaci: Area totale = 8494.87

$$A_{cs,eff} = 217823.88 \quad \rho_{eff} = 0.0390$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 47.45$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000139$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 358.1369$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0497$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmax Comp. -Elem. N.Psx158 -Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 8494.87

$$A_{cls,eff} = 217823.88 \quad \rho_{eff} = 0.0390$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -28.24$$

$$\text{Copri ferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smax -Elem. N.Psx120 -Comb: Inv.SLE 3)**

asse neutro: da  $x = -599.05$   $y = 18.09$  a  $x = 599.05$   $y = 18.09$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cls,eff} = 198844.31 \quad \rho_{eff} = 0.0374$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 71.54$$

$$\text{Copri ferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000209$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 363.0417$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0760$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smin -Elem. N.Psx320 -Comb: Inv.SLE 3)**

asse neutro: da  $x = -595.98$   $y = 67.33$  a  $x = 595.98$   $y = 67.33$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{cls,eff} = 182415.43 \quad \rho_{eff} = 0.0407$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 58.62$$

$$\text{Copri ferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000172$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 353.2724$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0606$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2max -Elem. N.Psx120 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-596.94$   $y=58.43$  a  $x=596.94$   $y=58.43$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{c_{ls,eff}} = 185359.24 \quad \rho_{eff} = 0.0401$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 57.06$$

$$\text{Copri ferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000167 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 355.0229$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0593 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M2min -Elem. N.Psx298 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-280.32$   $y=529.64$  a  $x=280.32$   $y=529.64$

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{c_{ls,eff}} = 48598.59 \quad \rho_{eff} = 0.0328$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.32$$

$$\text{Copri ferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000001 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 379.6615$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0004 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3max -Elem. N.Psx218 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{c_{ls,eff}} = 48598.59 \quad \rho_{eff} = 0.0328$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -11.76$$

$$\text{Copri ferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3min -Elem. N.Psx320 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

asse neutro: da  $x=-596.27$   $y=65.52$  a  $x=596.27$   $y=65.52$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$$A_{c_{ls,eff}} = 183012.45 \quad \rho_{eff} = 0.0406$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 54.46$$



Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000159$  Distanza fessure  $\Delta_s_{max} = 353.6274$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0564$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmin Comp. -Elem. N.Psx300 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x = -597.85$   $y = -41.02$  a  $x = 597.85$   $y = -41.02$

Armature efficaci: Area totale = 8494.87

$A_{cls,eff} = 217823.88$   $\rho_{eff} = 0.0390$

Tensione baricentrica = 43.61

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000128$  Distanza fessure  $\Delta_s_{max} = 358.1369$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0457$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmax Comp. -Elem. N.Psx158 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 8494.87

$A_{cls,eff} = 217823.88$   $\rho_{eff} = 0.0390$

Tensione baricentrica = -27.76

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smax -Elem. N.Psx120 -Comb: Inv.SLE 4)**

asse neutro: da  $x = -597.70$   $y = 43.94$  a  $x = 597.70$   $y = 43.94$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$A_{cls,eff} = 190179.44$   $\rho_{eff} = 0.0391$

Tensione baricentrica = 60.31

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm}=0.000177$  Distanza fessure  $\Delta_{s_{max}}=357.8892$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0632$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smin -Elem. N.Psx320 -Comb: Inv.SLE 4)**

asse neutro: da  $x=-596.27$   $y=65.52$  a  $x=596.27$   $y=65.52$

Armature efficaci: Area totale = 7433.01

$A_{c_{s,eff}} = 183012.45$   $\rho_{eff} = 0.0406$

Tensione baricentrica = 54.46

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm}=0.000159$  Distanza fessure  $\Delta_{s_{max}}=353.6274$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0564$  ( $<0.3000$ )

### 8.8.3.3 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE – DA -3 A -9M

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2110	0.00	0.00	159	0
2	-1763	0.00	0.00	406	0
3	-2691	0.00	0.00	260	0
4	-2232	0.00	0.00	172	0
5	-509	0.00	0.00	182	0
6	-3841	0.00	0.00	249	0
7	-678	0.00	0.00	118	0
8	-3632	0.00	0.00	153	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2273	0.00	0.00	170	0
2	-1977	0.00	0.00	332	0
3	-2368	0.00	0.00	223	0
4	-2293	0.00	0.00	151	0
5	-695	0.00	0.00	147	0
6	-3548	0.00	0.00	261	0
7	-837	0.00	0.00	130	0
8	-3379	0.00	0.00	124	0

#### Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2277	0.00	0.00	169	0
2	-2060	0.00	0.00	297	0
3	-2221	0.00	0.00	203	0
4	-2108	0.00	0.00	151	0
5	-729	0.00	0.00	136	0
6	-3464	0.00	0.00	236	0
7	-898	0.00	0.00	108	0
8	-3295	0.00	0.00	116	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx312 -Comb: 30b-2) IIIb.1 V-A+F-	-2.30	-0.84	-14.12	-32.93
2	M2min-Elem. N.Psx114 -Comb: 14a-2) IId.1 V+A+	-3.24	0.00	5.88	-44.29
3	M3max-Elem. N.Psx314 -Comb: 12a-2) IIc.1 V+A+	-3.21	-0.80	-14.56	-45.42
4	M3min-Elem. N.Psx317 -Comb: 25a-2) IIIa.1 V+A+F-	-2.46	-0.87	-14.67	-35.08
5	Pmin Comp. -Elem. N.Psx297 -Comb: 14a-2) IId.1 V+A+	-1.36	0.00	9.51	-18.05
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx152 -Comb: 25a-2) IIIa.1 V+A+F-	-4.01	-1.71	-28.04	-57.60
7	smax-Elem. N.Psx292 -Comb: 14a-2) IId.1 V+A+	-1.05	0.00	-0.55	-14.54
8	smin-Elem. N.Psx157 -Comb: 14a-2) IId.1 V+A+	-3.41	-1.99	-31.41	-49.59

#### Verifiche alle tensioni – frequente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx312 -Comb: 6-3) Ic.2 V-A+	-2.48	-0.91	-15.26	-35.40
2	M2min-Elem. N.Psx114 -Comb: 11-3) IId.1 A+	-3.00	0.00	-2.35	-41.65
3	M3max-Elem. N.Psx314 -Comb: 10-3) IIc.1 A+	-2.79	-0.73	-13.16	-39.62
4	M3min-Elem. N.Psx317 -Comb: 8a-3) IIa.1 A+	-2.40	-1.01	-16.63	-34.49
5	Pmin Comp. -Elem. N.Psx297 -Comb: 11-3) IId.1 A+	-1.21	0.00	1.24	-16.56
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx152 -Comb: 10-3) IIc.1 A+	-3.85	-1.44	-24.09	-55.02
7	smax-Elem. N.Psx292 -Comb: Inv.SLE 3)	-1.22	-0.02	-1.60	-17.02
8	smin-Elem. N.Psx157 -Comb: Inv.SLE 3)	-3.09	-1.94	-30.35	-45.02

#### Verifiche alle tensioni – q.permanente

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx312 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-2.48	-0.91	-15.35	-35.42
2	M2min-Elem. N.Psx114 -Comb: 2-4) Id.1 A+	-2.91	-0.16	-5.30	-40.55
3	M3max-Elem. N.Psx314 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-2.59	-0.72	-12.73	-36.77
4	M3min-Elem. N.Psx317 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-2.27	-0.87	-14.54	-32.45
5	Pmin Comp. -Elem. N.Psx297 -Comb: 2-4) Id.1 A+	-1.17	0.00	-0.01	-16.17
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx152 -Comb: 1-4) Ic.1 A+	-3.67	-1.49	-24.66	-52.58
7	smax-Elem. N.Psx292 -Comb: Inv.SLE 4)	-1.17	-0.17	-3.63	-16.38
8	smin-Elem. N.Psx157 -Comb: Inv.SLE 4)	-2.98	-1.92	-29.90	-43.59

#### Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente

**Combinazione frequente: M2max -Elem. N.Psx312 -Comb: 6-3) Ic.2 V-A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{cls,eff} = 43531.86 \quad \rho_{eff} = 0.0366$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -15.45$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione frequente: M2min -Elem. N.Psx114 -Comb: 11-3) IId.1 A+**

asse neutro: da  $x=-164.23$   $y=576.31$  a  $x=164.23$   $y=576.31$

Armature efficaci: Area totale = 530.93

$$A_{cls,eff} = 29004.81 \quad \rho_{eff} = 0.0183$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -2.35$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000007 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 486.2658$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0033 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: M3max -Elem. N.Psx314 -Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 530.93

$$A_{cls,eff} = 29004.81 \quad \rho_{eff} = 0.0183$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -13.16$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: M3min -Elem. N.Psx317 -Comb: 8a-3) IIa.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 530.93

$$A_{cls,eff} = 29004.81 \quad \rho_{eff} = 0.0183$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -16.63$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (< 0.3000)$$

**Combinazione frequente: Pmin Comp. -Elem. N.Psx297 -Comb: 11-3) IIId.1 A+**

$$\text{asse neutro: da } x = -403.81 \quad y = 443.55 \quad \text{a } x = 403.81 \quad y = 443.55$$

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{cls,eff} = 65333.76 \quad \rho_{eff} = 0.0244$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 1.08$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = 0.000003$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 426.1018$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0013$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmax Comp. -Elem. N.Psx152 -Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$A_{cls,eff} = 65333.76$   $\rho_{eff} = 0.0244$

Tensione baricentrica = -24.37

Copri ferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smax -Elem. N.Psx292 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$A_{cls,eff} = 65333.76$   $\rho_{eff} = 0.0244$

Tensione baricentrica = -1.74

Copri ferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smin -Elem. N.Psx157 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$A_{cls,eff} = 65333.76$   $\rho_{eff} = 0.0244$

Tensione baricentrica = -30.48

Copri ferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2max -Elem. N.Psx312 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{cs,eff} = 65333.76 \quad \rho_{eff} = 0.0244$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -15.53$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M2min -Elem. N.Psx114 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1592.79$$

$$A_{cs,eff} = 65333.76 \quad \rho_{eff} = 0.0244$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -5.62$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3max -Elem. N.Psx314 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1592.79$$

$$A_{cs,eff} = 65333.76 \quad \rho_{eff} = 0.0244$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -12.94$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3min -Elem. N.Psx317 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

$$\text{Armature efficaci: Area totale} = 1592.79$$

$$A_{cs,eff} = 65333.76 \quad \rho_{eff} = 0.0244$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -14.70$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmin Comp. -Elem. N.Psx297 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

asse neutro: da  $x=-306.05$   $y=515.69$  a  $x=306.05$   $y=515.69$

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{c,s,eff} = 51310.93 \quad \rho_{eff} = 0.0310$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.16$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = 0.000000$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 387.1883$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0002$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmax Comp. -Elem. N.Psx152 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{c,s,eff} = 51310.93 \quad \rho_{eff} = 0.0310$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -24.91$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smax -Elem. N.Psx292 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{c,s,eff} = 51310.93 \quad \rho_{eff} = 0.0310$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -3.75$$

$$\text{Copriferro} = 72.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 26.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smin -Elem. N.Psx157 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1592.79

$$A_{c,s,eff} = 51310.93 \quad \rho_{eff} = 0.0310$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -30.03$$

Copriferro = 72.00

$K_1 = 0.8000$   $K_2 = 0.5000$   $\varnothing_{equivalente} = 26.00$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\varepsilon_{sm} = -0.000088$  Distanza fessure  $\Delta_{s\ max} = 387.1883$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

### 8.8.3.4 VERIFICHE SLE A PRESSOFLESSIONE E FESSURAZIONE – DA -9 A PIEDE PALO

#### Sollecitazioni di progetto – rara

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2627	0.00	0.00	32	0
2	-1848	0.00	0.00	291	0
3	-2748	0.00	0.00	214	0
4	-2483	0.00	0.00	0	0
5	-678	0.00	0.00	118	0
6	-4152	0.00	0.00	0	0
7	-707	0.00	0.00	94	0
8	-4152	0.00	0.00	0	0

#### Sollecitazioni di progetto – frequente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2361	0.00	0.00	17	0
2	-2062	0.00	0.00	243	0
3	-2425	0.00	0.00	185	0
4	-2567	0.00	0.00	0	0
5	-865	0.00	0.00	108	0
6	-3859	0.00	0.00	0	0
7	-865	0.00	0.00	112	0
8	-3859	0.00	0.00	0	0
9	0	0.00	0.00	0	0

#### Sollecitazioni di progetto – q.permanente

Comb.	N	Ecc.X	Ecc.Y	Mx	My
1	-2220	0.00	0.00	16	0
2	-2144	0.00	0.00	218	0
3	-2277	0.00	0.00	169	0
4	-2588	0.00	0.00	0	0
5	-898	0.00	0.00	102	0
6	-3775	0.00	0.00	0	0
7	-898	0.00	0.00	108	0
8	-3775	0.00	0.00	0	0

#### Verifiche alle tensioni – rara

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s\ max}$	$\sigma_{s\ min}$
1	M2max-Elem. N.Psx306-Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-2.33	-2.00	-30.27	-34.68
2	M2min-Elem. N.Psx111-Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-3.07	0.00	-2.70	-42.98
3	M3max-Elem. N.Psx311-Comb: 12a-2)IIc.1 V+A+	-3.40	-1.13	-19.18	-48.74
4	M3min-Elem. N.Psx301-Comb: 2-2)Ic.1 V-A+	-2.05	-2.05	-30.69	-30.69
5	Pmin Comp.-Elem. N.Psx291-Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-1.19	0.00	-0.20	-16.55
6	Pmax Comp.-Elem. N.Psx141-Comb: 25a-2)IIla.1 V+A+F-	-3.42	-3.42	-51.31	-51.31
7	smax-Elem. N.Psx290-Comb: 14a-2)IId.1 V+A+	-1.08	-0.08	-2.22	-15.24
8	smin-Elem. N.Psx141-Comb: 25a-2)IIla.1 V+A+F-	-3.42	-3.42	-51.31	-51.31



**Verifiche alle tensioni – frequente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx304 -Comb: 11-3)IId.1 A+	-2.04	-1.85	-28.00	-30.36
2	M2min-Elem. N.Psx111-Comb: 11-3)IId.1 A+	-2.99	-0.41	-8.73	-42.24
3	M3max-Elem. N.Psx311-Comb: 10-3)IId.1 A+	-2.98	-1.01	-17.16	-42.78
4	M3min-Elem. N.Psx301-Comb: 2-3)IId.1 V-A+	-2.12	-2.12	-31.73	-31.73
5	Pmin Comp. -Elem. N.Psx291-Comb: 11-3)IId.1 A+	-1.29	-0.14	-3.20	-18.17
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx141-Comb: 10-3)IId.1 A+	-3.18	-3.18	-47.70	-47.70
7	smax-Elem. N.Psx291-Comb: Inv.SLE 3)	-1.31	-0.11	-2.92	-18.46
8	smin-Elem. N.Psx141-Comb: 10-3)IId.1 A+	-3.18	-3.18	-47.70	-47.70

**Verifiche alle tensioni – q.permanente**

Comb.	Descrizione	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	M2max-Elem. N.Psx304 -Comb: 2-4)IId.1 A+	-1.91	-1.75	-26.35	-28.53
2	M2min-Elem. N.Psx111-Comb: 2-4)IId.1 A+	-2.93	-0.61	-11.41	-41.60
3	M3max-Elem. N.Psx311-Comb: 1-4)IId.1 A+	-2.78	-0.98	-16.44	-39.85
4	M3min-Elem. N.Psx301-Comb: 1-4)IId.1 A+	-2.13	-2.13	-31.99	-31.99
5	Pmin Comp. -Elem. N.Psx291-Comb: 2-4)IId.1 A+	-1.28	-0.20	-4.07	-18.14
6	Pmax Comp. -Elem. N.Psx141-Comb: 1-4)IId.1 A+	-3.11	-3.11	-46.66	-46.66
7	smax-Elem. N.Psx291-Comb: Inv.SLE 4)	-1.31	-0.17	-3.67	-18.53
8	smin-Elem. N.Psx141-Comb: 1-4)IId.1 A+	-3.11	-3.11	-46.66	-46.66

**Verifiche di fessurazione frequente e q.permanente****Combinazione frequente: M2max -Elem. N.Psx304 -Comb: 11-3) IId.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cls,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -28.00$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione frequente: M2min -Elem. N.Psx111 -Comb: 11-3) IId.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cls,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -8.73$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_f = 0.6$$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: M3max -Elem. N.Psx311 -Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{c,s,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -17.16$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: M3min -Elem. N.Psx301 -Comb: 2-3) Ic.1 V-A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{c,s,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -31.73$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmin Comp. -Elem. N.Psx291 -Comb: 11-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{c,s,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -3.20$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $<0.3000$ )

**Combinazione frequente: Pmax Comp. -Elem. N.Psx141 -Comb: 10-3) IIc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{c,s,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -47.70$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smax -Elem. N.Psx291 -Comb: Inv.SLE 3)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

Tensione baricentrica = -2.92

Copriferro = 70.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione frequente: smin -Elem. N.Psx141 -Comb: 10-3) Ilc.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

Tensione baricentrica = -47.70

Copriferro = 70.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2max -Elem. N.Psx304 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

Tensione baricentrica = -26.35

Copriferro = 70.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{\text{equivalente}} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_f = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: M2min -Elem. N.Psx111 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -11.41$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3max -Elem. N.Psx311 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -16.44$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: M3min -Elem. N.Psx301 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -31.99$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.0000 \quad (<0.3000)$$

**Combinazione quasi permanente: Pmin Comp. -Elem. N.Psx291 -Comb: 2-4) Id.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -4.07$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: Pmax Comp. -Elem. N.Psx141 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cfs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -46.66$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Deformazione media  $\epsilon_{sm} = -0.000137$  Distanza fessure  $\Delta_{s,max} = 516.6973$

Ampiezza fessure  $w_d = -0.0706$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smax -Elem. N.Psx291 -Comb: Inv.SLE 4)**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cfs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -3.67$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

**Combinazione quasi permanente: smin -Elem. N.Psx141 -Comb: 1-4) Ic.1 A+**

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 314.16

$$A_{cfs,eff} = 25751.57 \quad \rho_{eff} = 0.0122$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -46.66$$

$$\text{Copriferro} = 70.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 31447.16

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2.56$

Modulo elastico acciaio = 205000.00  $K_t = 0.6$

Ampiezza fessure  $w_d = 0.0000$  ( $< 0.3000$ )

### 8.8.3.5 VERIFICHE A TAGLIO

*Da testa palo a -4 da testa palo*

La massima sollecitazione a taglio è pari a  $T=913\text{kN}$  (Comb: 24-1A) Iic.1 V+A+ 2).

L'entità di tale sollecitazione relativamente alla fase definitiva richiede un'apposita armatura a taglio costituita da staffe  $\phi 12/7.5$ . Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	1566.01	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	913.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	1566.01	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	2528.95	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	30.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b_w$	=	108.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	85.17	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{\text{staf}}$	=	12	mm	Diametro staffe
		2	n°	n°braccia staffe
$A_{sw}$	=	226.08	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
$s$	=	7.5	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

#### Da -4 a piede palo

La massima sollecitazione a taglio è pari a  $T=155\text{kN}$  (Comb: 24-1A) Iic.1 V+A+ 2).

L'entità di tale sollecitazione relativamente alla fase definitiva richiede un'apposita armatura a taglio costituita da staffe  $\phi 10$  con passo variabile tra 10 e 20 cm. Si riporta di seguito la verifica per elementi armati a taglio.

$V_{rd}$	=	412.41	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
$V_{ed}$	=	155.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente
$V_{rsd}$	=	412.41	kN	Resistenza di calcolo a "taglio trazione"
$V_{rcd}$	=	2557.46	kN	Resistenza di calcolo a "taglio compressione"
$N_{ed}$	=	0.00	kN	Valore di calcolo dello sforzo normale
sezione verificata a taglio				

$\theta$	=	30.00	°	Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave
$b_w$	=	108.00	cm	Larghezza utile della sezione
$d$	=	86.13	cm	Altezza utile della sezione

$\phi_{\text{staf}}$	=	10	mm	Diametro staffe
		2	n°	n°braccia staffe
$A_{sw}$	=	157	mm <sup>2</sup>	Area armatura trasversale
$s$	=	20	cm	Interasse tra due armature trasversali consecutive
$\alpha$	=	90	°	angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

#### 8.8.4 VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE DEI PALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1).

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R2).

Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1R3).

Si prevede una lunghezza dei pali di fondazione pari a 20.00m.

##### CARICO DI PROGETTO Ed

	Ed,Compressione	Ed,Trazione
	kN	kN
APP.1-COMB1 SLU	4896	/
APP.1-COMB2 SLU	3686	/

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

in cui:

- $R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$ : Resistenza alla punta di progetto
- $R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ : Resistenza laterale di progetto
- $R_{bk} = R_{bm} / \zeta$ : Resistenza alla punta caratteristica
- $R_{sk} = R_{sm} / \zeta$ : Resistenza laterale caratteristica
- $R_{bm} = Q_b$ : Resistenza media alla punta
- $R_{sm} = Q_s$ : Resistenza media laterale
- $W_p$ : peso proprio del palo alleggerito

**PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi < 0$ )**

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(1)</sup>:

$$q_b = N_q^* \times \sigma_v \quad \text{con:} \quad N_q^*: \text{coefficiente di capacit\`a portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

$N_q^*$  \u00e8 dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per  $q_b$  il valore limite di  $q_{b,lim}$ .

**Terreni coesivi (c > 0)**

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \sigma_v + 9 c_u$$

**RESISTENZA LATERALE UNITARIA**

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi < 0$ )**

$$q_s = K \tan \delta \sigma_v \quad \text{con:} \quad K \text{ assunto pari a } 1 - \text{sen } f$$

$$\tan \delta = \tan \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**Terreni coesivi (c > 0)**

$$q_s = \alpha c_u \quad \text{con:} \quad \alpha \text{ variabile in funzione di } c_u \text{ secondo la seguente tabella (AGI - 1984)}$$

cu (kPa)	$\alpha$
<=25	0.9
da 25 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE** unit\`a

Diametro palo	m	<b>1.20</b>
Superficie resistente alla punta	mq	<b>1.13</b>
Superficie laterale per lunghezza unitaria	mq	<b>3.77</b>
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	<b>25.00</b>

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)**

n.	DESCRIZIONE	DA	A	cu	$\phi'$	$\gamma$
1	Ghiala sabbiosa umida	0.0	-9.0	0.0	40.0	19.0
2	Ghiala sabbiosa nocciola	-9.0	-35.0	0.0	40.0	19.0



**FALDA**

unità

Quota livello falda da q.t.p.	m	35.00
-------------------------------	---	-------

**SOVRACCARICO A Q.T.P.**

Tensione totale in testa palo	kN/m <sup>2</sup>	91.2
Tensione efficace in testa palo		91.2

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Tipo di Palo	t	Trivellato
coefficiente $\gamma_b$		1.00
coefficiente $\gamma_s$		1.00
coefficiente $\gamma_{st}$		1.00
coefficiente $\zeta$		1.65

**CARICO DI PROGETTO Ed**

Ed, Con Ed, Trazione

kN kN

APP.1-COMB1 SLU	4896	
APP.1-COMB2 SLU	3686	
APP.1-COMB2 SLV		

Lunghezza palo di progetto

m

20.00
-------

Profondità testa palo

2.00
------

**Quota piede palo**

22.00
-------

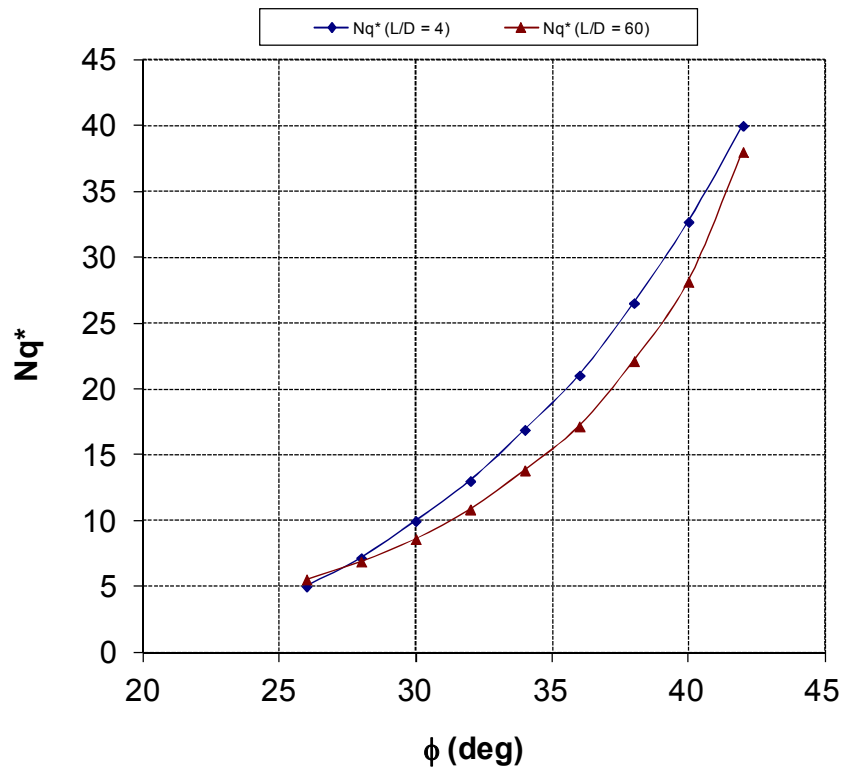
PROFONDITA' INDAGATA

Rcd

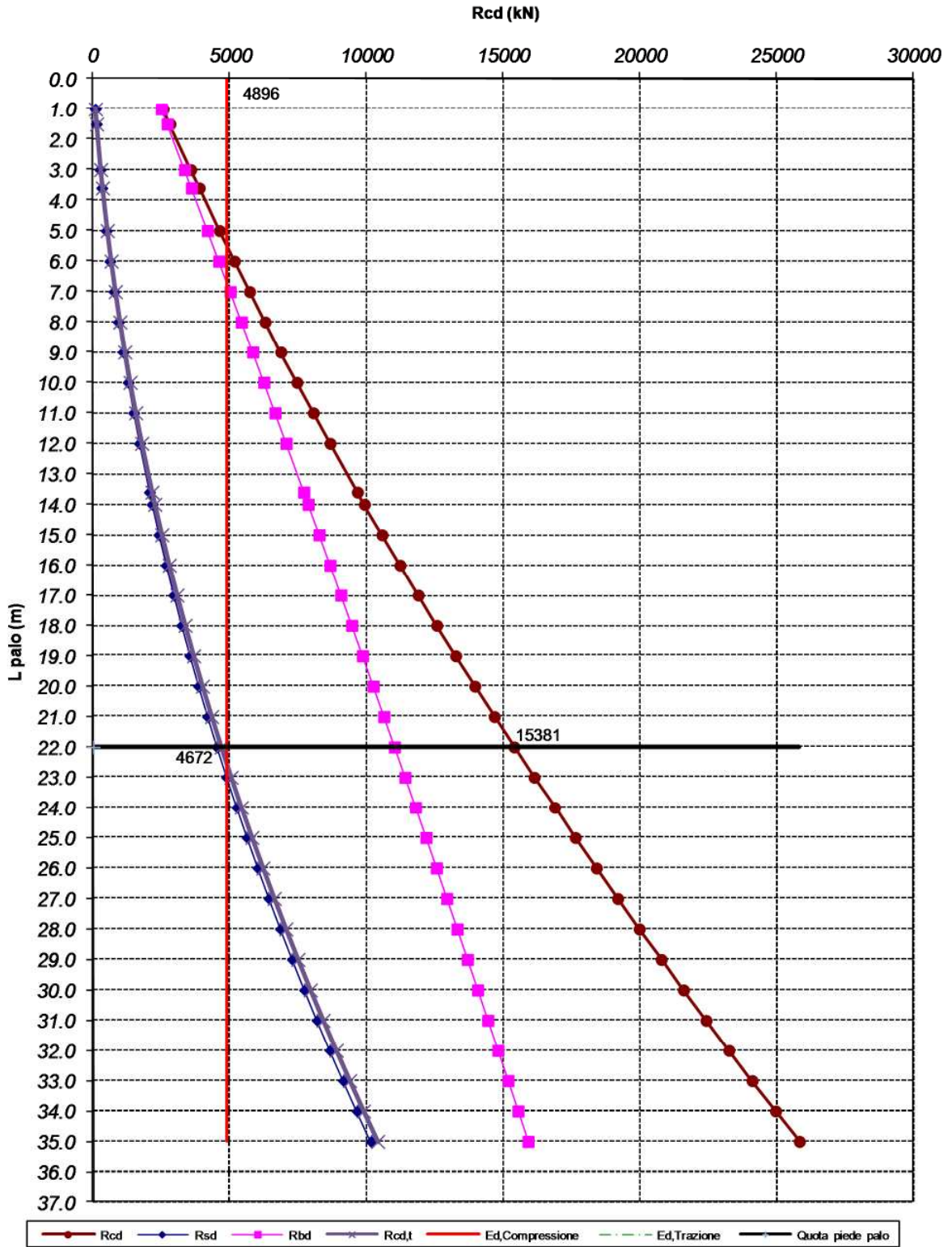
quota minima	0.00
quota massima	35.00

25810

**Coefficiente  $Nq^*$  corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche alla punta**



**Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza  
APP.1 COMB.1 - SLU (A1-M1-R1)**



**CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO COMPRESSO (D.M. 14.01.2008) - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2-M1-R2) - SLU-SLE**

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

in cui:

- $R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$ : Resistenza alla punta di progetto
- $R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ : Resistenza laterale di progetto
- $R_{bk} = R_{bm} / \zeta$ : Resistenza alla punta caratteristica
- $R_{sk} = R_{sm} / \zeta$ : Resistenza laterale caratteristica
- $R_{bm} = Q_b$ : Resistenza media alla punta
- $R_{sm} = Q_s$ : Resistenza media laterale
- $W_p$ : peso proprio del palo alleggerito

**PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA**

**Terreni granulari ( $c = 0, \phi < 0$ )**

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(\*)</sup>:

$$q_b = N_q^* \times \sigma_v \quad \text{con:} \quad N_q^*: \text{coefficiente di capacit\`a portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

$N_q^*$  \u00e8 dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per  $q_b$  il valore limite di  $q_{b,lim}$ .

**Terreni coesivi ( $c > 0$ )**

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \sigma_v + 9 c_u$$

**RESISTENZA LATERALE UNITARIA**

**Terreni granulari ( $c = 0, \phi < 0$ )**

$$q_s = K \tan \delta \sigma_v \quad \text{con:} \quad K \text{ assunto pari a } 1 - \sin \phi$$

$$\tan \delta = \tan \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**Terreni coesivi ( $c > 0$ )**

$q_s = \alpha c_u$  con:  $\alpha$  variabile in funzione di  $c_u$  secondo la seguente tabella (AGI - 1984)

cu (kPa)	$\alpha$
<=25	0.9
da 25 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di  $q_{l,lim}$ .

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

unit\`a

Diametro palo	m	1.20
Superficie resistente alla punta	m <sup>2</sup>	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	3.77
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	25.00

**STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)**

n.	DESCRIZIONE	DA	A
1	Ghiaia sabbiosa umida	0.0	-9.0
2	Ghiaia sabbiosa nocciola	-9.0	-35.0
3	0	0.0	0.0
4	0	0.0	0.0
5	0	0.0	0.0

**FALDA**

unit\`a

Quota livello falda da q.t.p.	m	35.00
-------------------------------	---	-------

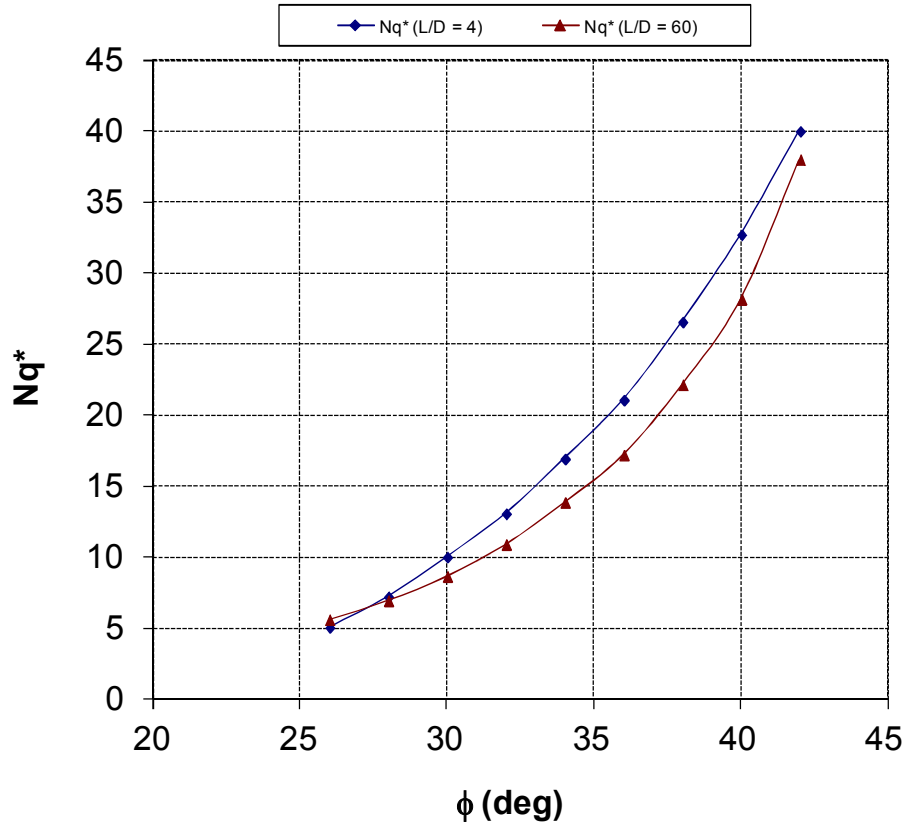
**SOVRACCARICO A Q.T.P.**

Tensione totale in testa palo	kN/m <sup>2</sup>	91.2
Tensione efficace in testa palo		91.2

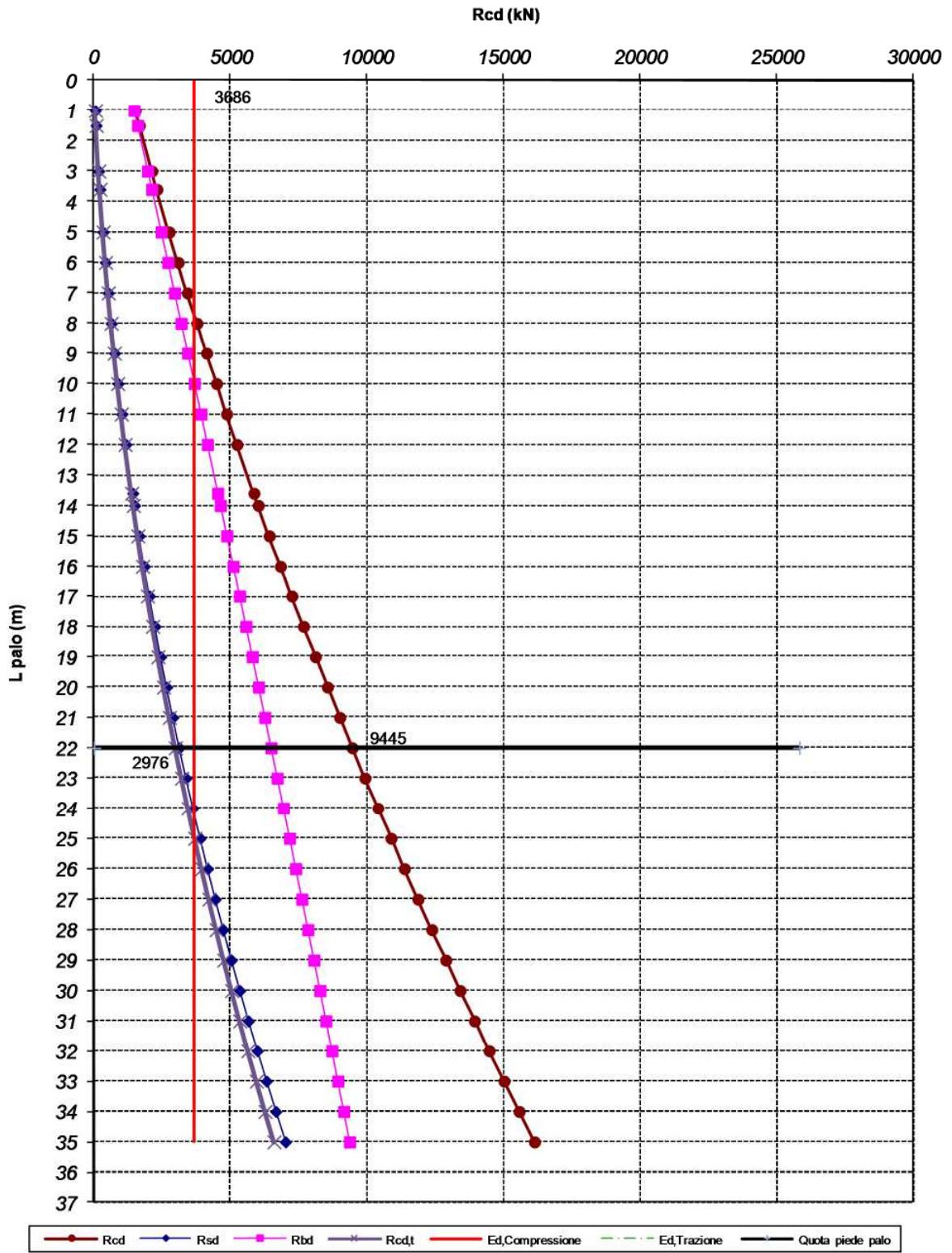
**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Tipo di Palo	t	Trivellato
coefficiente $\gamma_b$		1.70
coefficiente $\gamma_s$		1.45
coefficiente $\gamma_{st}$		1.60
coefficiente $\zeta$		1.65

**Coefficiente  $Nq^*$  corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche alla punta**



**Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza  
APP.1 COMB.2 - SLU-SLE (A2-M1-R2)**



### 8.8.5 VERIFICA CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI

La verifica del carico limite orizzontale dei pali viene effettuata analogamente a quanto già effettuato per la fase definitiva e riportato al paragrafo 7.6.5. Le verifiche risultano soddisfatte in quanto le massime sollecitazioni taglianti in testa ai pali sono inferiori a quelle ottenute per la fase definita. Per la fase provvisoria esse sono pari a:

	Ed,Compressione
	kN
APP.1-COMB1 SLU	912
APP.1-COMB2 SLU	702